

JULIANO LUIZ DE ALMEIDA

**MANEJO EM PLANTIO DIRETO NO 2º PLANALTO DO PARANÁ E
CONSEQÜÊNCIAS SOBRE A PRODUÇÃO DE MICOTOXINAS**

CURITIBA

Julho de 2006

JULIANO LUIZ DE ALMEIDA

**MANEJO EM PLANTIO DIRETO NO 2º PLANALTO DO PARANÁ E
CONSEQÜÊNCIAS SOBRE A PRODUÇÃO DE MICOTOXINAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal

CURITIBA

Julho de 2006




UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

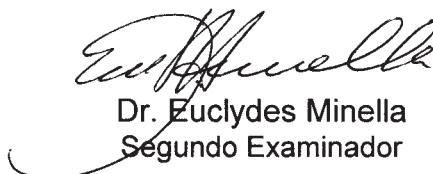
P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **JULIANO LUIZ DE ALMEIDA**, sob o título "**MANEJO EM PLANTIO DIRETO NO 2º PLANALTO DO PARANÁ E CONSEQÜÊNCIAS SOBRE A PRODUÇÃO DE MICOTOXINAS**", para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

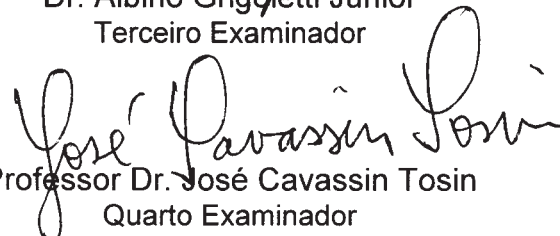
Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.


Curitiba, 30 de Junho de 2006.


Professor Dr. José Antonio Martinelli
Primeiro Examinador


Dr. Euclydes Minella
Segundo Examinador


Dr. Albino Grigoletti Junior
Terceiro Examinador


Professor Dr. José Cavassin Tosin
Quarto Examinador


Professor Dr. Vismar da Costa Lima Neto
Presidente da Banca e Orientador

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese de doutorado as minhas “fontes de referências pessoais” que nos deixaram durante o período do curso:

Ao meu pai Eracildes Pio Almeida (*in memoriam*) pelo exemplo de seriedade, honestidade e respeito.

A minha avó materna Eni Puci Schweitzer (*in memoriam*) pelo exemplo de humildade, bondade e religiosidade.

A minha avó paterna Brandina Rodrigues Almeida (*in memoriam*) pelo exemplo de trabalho, perseverança e capricho.

A minha orientadora Profª Dra. Maria Lúcia Rosa Z. da Costa Lima (*in memoriam*) pelo exemplo de humanidade, serenidade e coragem.

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos:

A minha esposa Danuza Benghi Gaudencio de Almeida e minha filha Vitória Gaudêncio de Almeida pelo incentivo, paciência e compreensão.

A minha mãe Eni Schweitzer Almeida pelo incentivo, hospedagem e alimentação durante o período do curso.

Aos dirigentes da Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda e da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA pelo apoio financeiro e incentivo.

Ao Profº Dr. Vismar da Costa Lima Neto pela orientação e companheirismo.

Aos Profº Dr. Henrique Soares Koehler, Profº Dr. José Antônio Martinelli e Dr. Euclides Minella pela co-orientação desde o início do projeto.

Aos Profº José Cavassin Tosin e Dr. Albino Grigoletti Junior pela boa vontade em participar das bancas de pré-defesa e defesa.

Aos professores da UFPR pela formação acadêmica.

Aos meus superiores na Cooperativa Agrária Celso Wobeto, Roberto Sattler e Adam Stemmer pelo apoio e confiança.

Aos colegas pesquisadores da FAPA pelo incentivo e motivação.

Ao técnico Marcos Luiz Fostim e as analistas de laboratório Edina Judite Alves e Vanice Maria Zart pela dedicação e paciência dispensada.

BIOGRAFIA DO AUTOR

JULIANO LUIZ DE ALMEIDA, filho de Eracildes Pio Almeida e de Eni Schweitzer Almeida, nasceu em Curitiba, PR, aos 17 de fevereiro de 1963. É casado com Danuza Benghi Gaudencio de Almeida e pai de uma filha, Vitória.

Cursou o ensino de primeiro e segundo grau no Colégio Santa Maria em Curitiba, PR. Concluiu o curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Paraná – UFPR no final de 1986, recebendo o diploma em março de 1987. No mesmo mês embarcou para a Europa, onde estagiou em propriedades agrícolas na Alemanha e Suíça até dezembro de 1987. De abril de 1988 a novembro de 1991 trabalhou como agrônomo pesquisador na antiga Estação Experimental da Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda. (antecessora da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA). De janeiro de 1992 a agosto de 1994 realizou curso de mestrado em Melhoramento Vegetal na Texas A&M University, em College Station, Texas, EUA, atuando também como pesquisador assistente no Programa de Melhoramento de Cereais de Inverno da “Texas Agricultural Experiment Station” e professor assistente da disciplina Laboratório de Solos. Desde setembro de 1994 trabalha para a FAPA, com melhoramento genético de aveia, experimentação agrícola, práticas de manejo e difusão de tecnologias nas culturas de aveia, trigo, triticale, cevada e forrageiras. Em março de 2000 iniciou curso de doutorado em Agronomia, área de Concentração em Produção Vegetal da UFPR, como aluno especial. A partir de março de 2003 ingressou neste curso como aluno regular.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xxi
ABSTRACT	xxii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 O PATÓGENO <i>Gibberella zeae</i>	4
2.2 MICOTOXINAS PRODUZIDAS A PARTIR DE <i>Gibberella zeae</i>	8
2.3 PODRIDÃO VERMELHA DA ESPIGA NA CULTURA DO MILHO	12
2.4 GIBERELA NA CULTURA DO TRIGO	13
2.5 GIBERELA NA CULTURA DA CEVADA	15
2.6 MICOTOXINAS PRODUZIDAS A PARTIR DE <i>Gibberella zeae</i> NA RAÇÃO ANIMAL	17
2.7 DOENÇAS PROVOCADAS POR MICOTOXINAS PRODUZIDAS A PARTIR DE <i>Gibberella zeae</i> AOS HUMANOS	19
CAPÍTULO I	
ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS E TEORES DE MICOTOXINAS NOS GRÃOS	22
1 INTRODUÇÃO	22
2 METODOLOGIA	22
2.1 CEREAIS DE INVERNO	26
2.2 CULTURA DO MILHO	31
2.3 CULTURA DA SOJA	31
2.4 DETECÇÃO MICOTOXINAS	36
2.5 PATOLOGIA DE SEMENTES	38
2.6 MONITORAMENTO DE ESPOROS DO AR	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.1 CULTURA DA CEVADA	40
3.2 CULTURA DO TRIGO	48
3.3 CULTURA DA AVEIA BRANCA	54
3.4 CULTURA DO MILHO	57

3.5	CULTURA DA SOJA.....	66
3.6	MONITORAMENTO ESPOROS DO AR	73
4	CONCLUSÕES	81
CAPÍTULO II		
	MANEJO DA PALHA DO MILHO E TEORES DE MICOTOXINAS NOS GRÃOS	82
1	INTRODUÇÃO	82
2	METODOLOGIA.....	83
2.1	CULTURAS DE INVERNO	87
2.2	CULTURA DO MILHO	89
2.3	CULTURA DA SOJA.....	92
2.4	DETECÇÃO MICOTOXINAS	92
2.5	PATOLOGIA DE SEMENTES	92
2.6	DEGRADAÇÃO DA PALHA DO MILHO	94
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
3.1	CULTURA DA CEVADA	96
3.2	CULTURA DO MILHO	105
3.3	CULTURA DA SOJA.....	112
3.4	DEGRADAÇÃO DA PALHA DE MILHO	115
4	CONCLUSÕES	120
	CONCLUSÕES FINAIS	121
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	121
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
	ANEXOS	130

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Desenho esquemático das parcelas do ensaio de sistemas de produção de cereais.	25
FIGURA 2 -	Desenho esquemático do bloco experimental do ensaio de sistemas de produção de cereais.	25
FIGURA 3 -	Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003	42
FIGURA 4 -	Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003	42
FIGURA 5 -	Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003	51
FIGURA 6 -	Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003	51
FIGURA 7 -	Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004.	59
FIGURA 8 -	Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	59
FIGURA 9 -	Número médio de colônias de <i>Fusarium</i> spp por cm ⁻² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, inverno de 2000	75

FIGURA 10 - Número médio de colônias de <i>Fusarium</i> spp. por cm ⁻² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, inverno de 2001	75
FIGURA 11 - Número médio de colônias de <i>Fusarium</i> spp por cm ⁻² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, inverno de 2002	76
FIGURA 12 - Número médio de colônias de <i>Fusarium</i> spp. por cm ⁻² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, inverno de 2003	76
FIGURA 13 - Número médio de colônias de <i>Fusarium</i> spp. por cm ⁻² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, verão de 2000/2001	78
FIGURA 14 - Número médio de colônias de <i>Fusarium</i> spp. por cm ⁻² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, verão de 2001/2002	79
FIGURA 15 - Número médio de colônias de <i>Fusarium</i> spp. por cm ⁻² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, verão de 2002/2003	79
FIGURA 16 - Número médio de colônias de <i>Fusarium</i> spp. por cm ⁻² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, verão de 2003/2004	80
FIGURA 17 - Localização das bolsas de número 1 a 24 dentro das parcelas na primeira repetição. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho	94
FIGURA 18 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	98
FIGURA 19 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	99
FIGURA 20 – Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	107
FIGURA 21 – Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	107
FIGURA 22 - Efeito de diferentes manejos visando degradação da palha de milho no peso da matéria seca em kg ha ⁻¹ , Guarapuava, maio 2002 a agosto 2004	117

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Limites de tolerância para DON em diferentes produtos em diversos países.....	11
TABELA 2	- Limites de tolerância para ZEA em diferentes produtos em diversos países.....	12
TABELA 3	- Principais sinais clínicos de intoxicação por ZEA e DON observados em suínos.....	19
TABELA 4	- Toxicidade parenteral aguda relativa, em dose letal a 50 % da população exposta - LD ₅₀ , dos tricotecenos mais freqüentes.....	20
TABELA 5	- Sistemas de produção de cereais, com diferentes percentagens da participação do milho.....	24
TABELA 6	- Data e densidade de semeadura, adubação de base e de cobertura das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003.....	27
TABELA 7	- Patologia e tratamento de semente das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003.....	28
TABELA 8	- Aplicações de inseticidas e fungicidas das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003.....	29
TABELA 9	- Data e densidade de semeadura, adubação de base e de cobertura da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004.....	32
TABELA 10	- Patologia e tratamento de semente da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004.....	32
TABELA 11	- Aplicações de dessecante, herbicidas e inseticidas da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004.....	33
TABELA 12	- Data e densidade de semeadura, adubação de base e tratamento de semente da cultura do soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004.....	34
TABELA 13	- Aplicações de dessecantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas na cultura da soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004.....	35

TABELA 14 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002	4 0
TABELA 15 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002	4 1
TABELA 16 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de espigas gibereladas de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002	4 4
TABELA 17 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação de culturas no percentual de grãos colhidos giberelados nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002	4 4
TABELA 18 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium</i> spp.) realizada em 100 grãos colhidos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002	4 5
TABELA 19 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas no rendimento de grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003	4 6
TABELA 20 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002	4 7
TABELA 21 - Dados meteorológicos e variáveis nas semanas que antecederam as datas de espigamento de cevada, incidência de espigas gibereladas, percentual de grãos colhidos giberelados, rendimento de grãos, produção de DON e ZEA das diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas, Guarapuava inverno 2000	4 7
TABELA 22 - Dados meteorológicos e variáveis nas semanas que antecederam as datas de espigamento de cevada, incidência de espigas gibereladas, percentual de grãos colhidos giberelados, rendimento de grãos, produção de DON e ZEA das diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas, Guarapuava inverno 2001	4 8

TABELA 23 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002	50
TABELA 24 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002	50
TABELA 25 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium</i> spp.) realizada em 100 grãos colhidos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002	52
TABELA 26 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de espigas gibereladas de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003	52
TABELA 27 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas no percentual de grãos colhidos giberelados em trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003	53
TABELA 28 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas no rendimento de grãos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003	53
TABELA 29 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002	54
TABELA 30 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003	54
TABELA 31 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 e 2002	55

TABELA 32 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 e 2002.	55
TABELA 33 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium</i> spp.) realizada em 100 grãos colhidos de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003	56
TABELA 34 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium graminearum</i>) realizada em 100 grãos colhidos de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003	56
TABELA 35 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas rendimento de grãos de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003	57
TABELA 36 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 e 2002	57
TABELA 37 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	58
TABELA 38 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	58
TABELA 39 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium</i> spp.) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	60

TABELA 40 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium graminearum</i>) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	60
TABELA 41 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium moniliforme</i>) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens d participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	61
TABELA 42 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Diplodia sp.</i>) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	61
TABELA 43 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Cephalosporium sp.</i>) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	62
TABELA 44 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na percentagem de grãos de milho ardidos. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	63
TABELA 45 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas no rendimento de grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	64
TABELA 46 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	65
TABELA 47 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de <i>Fusarium solani</i> no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2001/2002 a verão 2003/2004	67
TABELA 48 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de <i>Phialophora gregata</i> – sintoma forte (PPH Forte), no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2001/2002 a verão 2003/2004	67

TABELA 49 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de <i>Phialophora gregata</i> – sintoma fraco (PPHFraco), no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2001/2002 a verão 2003/2004	68
TABELA 50 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> em plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2001/2002 a verão 2003/2004	68
TABELA 51 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium</i> spp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	69
TABELA 52 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Penicillium</i> sp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2001/2002 a verão 2003/2004	69
TABELA 53 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Phomopsis</i> sp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	70
TABELA 54 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com <i>Cercospora kikuchii</i>) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	70
TABELA 55 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas no rendimento de grãos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	71
TABELA 56 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	72
TABELA 57 - Ensaio sistemas visando a degradação da palha do milho, com rotação de 50% milho	84

TABELA 58 -Análise química do fertilizante orgânico utilizado no tratamento palha de milho com fertilizante orgânico no outono de 2000 e 2002.....	85
TABELA 59 -Índice de eficiência de liberação dos nutrientes aplicados na forma orgânica para a forma mineral, em cultivos sucessivos	86
TABELA 60 -Data e densidade de semeadura, adubação de base e de cobertura das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas - 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003	88
TABELA 61 -Patologia e tratamento de semente de cevada, aplicações de herbicidas das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	89
TABELA 62 -Aplicações de inseticidas e fungicidas das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava inverno 2000 e 2002	90
TABELA 63 -Data e densidade de semeadura, adubação de base e de cobertura da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho verão 2001-2002 e verão 2003-2004	90
TABELA 64 -Patologia e tratamento de semente da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho verão 2001-2002 e verão 2003-2004	91
TABELA 65 -Aplicações de dessecante, herbicidas e inseticidas da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho verão 2001-2002 e verão 2003-2004	91
TABELA 66 -Data e densidade de semeadura, adubação de base e tratamento de semente da cultura do soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho verão 200-2001 e verão 2002-2003	93
TABELA 67 -Aplicações de dessecantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas na cultura da soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004	93
TABELA 68 -Efeito da pré-cultura milho na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	97
TABELA 69 -Efeito da pré-cultura milho na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	98

TABELA 70 - Efeito da pré-cultura milho na incidência de espigas gibereladas de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	100
TABELA 71 - Efeito da pré-cultura milho no percentual de grãos colhidos giberelados em cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	100
TABELA 72 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium</i> spp.) realizada em 100 grãos colhidos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	101
TABELA 73 - Efeito da pré-cultura milho no rendimento de grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	102
TABELA 74 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002	104
TABELA 75 - Dados meteorológicos e variáveis nas semanas que antecederam as datas de espigamento de cevada, incidência de espigas gibereladas, percentual de grãos colhidos giberelados, rendimento grãos e produção de DON e ZEA dos diferentes sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava inverno 2000	105
TABELA 76 - Efeito da pré-cultura milho na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004	105
TABELA 77 - Efeito da pré-cultura milho na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004	106
TABELA 78 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium graminearum</i>) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004	108
TABELA 79 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium moniliforme</i>) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004	108

TABELA 80 -Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com <i>Diplodia</i> sp.) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004	109
TABELA 81 -Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com <i>Cephalosporium</i> sp.) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004	109
TABELA 82 -Efeito da pré-cultura milho na percentagem de grãos ardidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004	109
TABELA 83 -Efeito da pré-cultura milho no rendimento de grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004	110
TABELA 84 -Coeficiente de correlação entre as variáveis de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004	111
TABELA 85 -Efeito da pré-cultura milho na incidência de <i>Fusarium solani</i> no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2002/2003	112
TABELA 86 -Efeito da pré-cultura milho na incidência de <i>Phialophora gregata</i> – sintoma forte (PPHForte), no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2002/2003	113
TABELA 87 -Efeito da pré-cultura milho na incidência de <i>Phialophora gregata</i> – sintoma fraco (PPHFraco), no sistema radicular principal de plantas de soja. Guarapuava verão 2002/2003	113
TABELA 88 -Efeito da pré-cultura milho na incidência de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2002/2003	113
TABELA 89 -Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com <i>Fusarium</i> spp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2000/2001 e verão 2002/2003	114
TABELA 90 -Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com <i>Phomopsis</i> sp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2000/2001 e verão 2002/2003	114

TABELA 91 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com <i>Cercospora kikuchii</i>) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2000/2001 e verão 2002/2003	114
TABELA 92 - Efeito da pré-cultura milho no rendimento de grãos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2000/2001 e verão 2002/2003	115
TABELA 93 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando degradação da palha do milho, Guarapuava 2000/2001 e verão 2002/2003	115
TABELA 94 - Efeito de diferentes manejos da palha do milho sobre a sua degradação, medida pelo peso da matéria seca sobre o solo ao longo do tempo. Guarapuava setembro 2002 a agosto 2004	116
TABELA 95 - Efeito de diferentes manejos da palha do milho sobre a sua degradação, medido pelo percentual de C sobre o solo ao longo do tempo. Guarapuava setembro 2002 a agosto 2004	118
TABELA 96 - Efeito de diferentes manejos da palha do milho sobre a sua degradação, medido pelo teor de N em gramas por quilo de palha. Guarapuava setembro 2002 a agosto 2004	118
TABELA 97 - Efeito de diferentes manejos da palha do milho sobre a sua degradação, medido pelo percentual da relação C/N da palha. Guarapuava setembro 2002 a agosto 2004	119

RESUMO

MANEJO EM PLANTIO DIRETO NO 2º PLANALTO DO PARANÁ E CONSEQÜÊNCIAS SOBRE A PRODUÇÃO DE MICOTOXINAS

Dentre as doenças favorecidas pelo plantio direto se destaca a giberela ou fusariose, cujo principal agente causal é *Gibberella zeae* (Schwein) Petch. (forma sexuada) ou *Fusarium graminearum* Schwabe (forma assexuada) o qual produz principalmente as micotoxinas deoxinivalenol (DON) e zearalenona (ZEA). A presença das micotoxinas nos grãos pode causar danos à saúde humana e animal, e conseqüentemente danos de ordem sanitária e econômica. A hipótese foi que se a quantidade da palha do milho em plantio direto for diminuída, via rotação e sucessão de culturas e manejo de fertilizantes, então diminuirá a ocorrência de giberela e a quantidade das micotoxinas DON e ZEA produzidas nas culturas de milho, cevada e trigo. Desta forma este trabalho objetivou determinar se a diminuição da palha do milho em plantio direto é efetiva para resolver o problema da giberela e da produção de DON e ZEA em nível de campo. Um experimento foi instalado no campo da FAPA, em Guarapuava, PR, abrangendo dois conjuntos de sistemas de cultivo de cereais, a partir da safra de inverno de 2000 até a safra de verão 2003/2004. O primeiro conjunto de sistemas de rotação e sucessão de culturas foi diferenciado pela participação da cultura de milho. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com três repetições, com os tratamentos formados a partir do arranjo fatorial entre os efeitos ano e sistema de rotação sucessão. O fator ano foi composto por quatro invernos e por quatro verões. Já o fator sistema foi composto por diferentes participações do milho na rotação e sucessão de culturas. O segundo conjunto de sistemas de cultivo de cereais foi diferenciado pelo manejo da palha de milho visando estimular a degradação da mesma. Os tratamentos foram formados a partir do arranjo fatorial entre os efeitos ano e sistema de manejo de palha. O fator sistema de manejo foi composto pela utilização de uréia, de fertilizante orgânico, pela retirada da palha de milho, e foram comparados com palha de milho. Não ocorreram diferenças entre os sistemas de rotação e sucessão para nenhuma micotoxina avaliada na cultura da cevada. Entretanto ocorreram diferenças entre os anos. Observou-se que em anos de epidemia de giberela, o fator preponderante para ocorrer maior incidência da doença e conseqüentes maiores teores de micotoxinas, foi a condição climática no momento do espigamento das plantas e não a quantidade ou origem de palha da cultura antecessora. Os resultados do segundo conjunto de sistemas indicaram que ocorreram diferenças entre os sistemas de degradação da palha para a micotoxina DON no inverno de 2000. Entretanto as diferenças foram devidas às condições climáticas no momento do florescimento. Também não ocorreram diferenças entre os tratamentos para ZEA nos dois anos avaliados. Os resultados indicaram que a hipótese foi negada, pois a diminuição da quantidade da palha de milho em plantio direto, seja por meio de rotação e sucessão de culturas ou por meio de degradação da palha de milho, não diminuiu a ocorrência de giberela e a quantidade das micotoxinas DON e ZEA produzidas nas culturas do milho, da cevada e do trigo em nível de campo. Desta forma, não se evidenciou a estreita ligação entre maior incidência de giberela, maiores teores de DON e de ZEA nos grãos e o sistema de plantio direto, como era inicialmente esperado.

Palavras-chave: micotoxinas em cereais, *Gibberella zeae*, rotação e sucessão culturas, degradação palha.

ABSTRACT

NO-TILLAGE SYSTEM'S MANAGEMENT IN THE SECOND PLATEAU OF THE PARANÁ STATE - BRAZIL AND IT'S CONSEQUENCES OVER MYCOTOXINS PRODUCTION

Among the diseases favored by the no-tillage system, scab or fusarium head blight (FHB), which the main causal agent is *Gibberella zeae* (Schwein) Petch. (sexual form) or *Fusarium graminearum* Schwabe (asexual form), whose produces mainly deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEA) mycotoxins. The presence of mycotoxins in the grains can cause damages to the human and animal health, and consequently can cause sanitary and economical losses. The hypothesis was if the amount of corn straw in the no-tillage system was diminished, by crop rotation and succession or by fertilizers' management, than the scab occurrence and DON and ZEA mycotoxins produced by corn (summer growing season) and barley and wheat (winter growing season) would decrease. The objective of this work was to determine if the corn straw reduction in the no-tillage system was effective to solve scab's problem and DON and ZEA production at the field's level. The experiment was carried out at Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA, located at Guarapuava, PR, Brazil, from the 2000 winter growing season until the 2003/2004 summer growing season, making up eight consecutives crops. The experiment consisted of two sets of systems. The first set of crop rotation and succession's system was differentiated by the corn crop participation. The experimental design used was a randomized block, with three reps, where one factor was year or crop season and crop rotation and succession's system was the other factor. The second set of cereal crop system was differentiated by the corn management pursuing its degradation. The treatments were formed by two factors, where one factor was year or crop season and corn straw management was the other factor. The factor corn straw management was composed by the utilization of nitrogen fertilizer, organic fertilizer (swine manure) and by corn straw's withdrawn. These factors were compared with the factor corn straw. There were no differences among crop rotation and succession's systems for any of the evaluated mycotoxins in barley. However, there were differences among the years. It was observed that in a scab epidemic's year, the most important factor for disease occurrence and consequently more mycotoxins, was the climate condition during the cereal heading and flowering stage. The straw's quantity and origin were not important for disease and mycotoxins occurrence. The second set of cereal crop system's results indicated that the application of fertilizers increased straw degradation, when compared with the check without management. There were differences among corn straw management systems for DON in barley in the winter 2000 growing season. However, these differences were due to the climate condition during the barley's heading and flowering stage. There also were no differences among the treatments for barley ZEA's content in the two evaluated years. The results indicated that the hypothesis was rejected, so the decrease of the corn straw in the no-tillage system, by using crop rotation and succession or fertilizers' management, did not decrease scab occurrence and DON and ZEA mycotoxins produced by corn, barley and wheat at field level. As a result of that it was not find a narrow relationship among large scab incidence, high DON and ZEA levels in cereal grains and the no-tillage system as it was initially expected.

Key-words: mycotoxins in cereals, *Gibberella zeae*, straw degradation, crop rotation and succession

1 INTRODUÇÃO

Os três estados do Sul do Brasil têm se caracterizado como expressivos produtores de grãos das culturas de verão soja e milho e com as de inverno trigo, aveia e cevada. Com a implementação da tecnologia do plantio direto, mudanças significativas estão ocorrendo no sistema agrícola do Sul do Brasil. A disponibilidade de água, a temperatura, a aeração, o teor de matéria orgânica e a composição e ocorrência de microorganismos no solo é hoje diferente da que era antes, no plantio convencional.

Mais especificamente na área fitopatológica, a resteva de palha no solo favorece a sobrevivência e a multiplicação de fungos, agentes causais de importantes doenças de cereais. Segundo BLUM et al. (1997), os efeitos benéficos da prática conservacionista de plantio direto, podem em parte ser comprometidos em função do aumento de determinadas doenças, devido à presença de patógenos necrotróficos que sobrevivem em restos culturais. Segundo este trabalho, o tempo necessário para a decomposição total de resíduos é de 17 e 18 meses no Sul do Brasil para a aveia preta e branca, respectivamente. Com relação à sobrevivência do patógeno *Pyrenophora chaetomioides* Speg. (agente causal da helmintosporiose ou mancha negra) na resteva da aveia branca, o mesmo não foi mais observado 17 meses após a colheita. Em trabalho semelhante na cultura da cevada, STEWART e PEREYRA (1999), afirmaram que plantio direto favorece a sobrevivência e a multiplicação dos fungos *Drechslera teres* e *Bipolaris sorokiniana*, agentes causais da mancha em rede e mancha marrom. Considerou-se no trabalho que é necessário um período de 30 meses para a decomposição da palha de cevada e que estes fungos permanecem viáveis na palhada por até 27 meses após a colheita, em condições de cultivo do Uruguai.

Dentre as doenças favorecidas pelo plantio direto destaca-se a giberela ou fusariose, cujo principal agente causal é o fungo *Gibberella zeae* (Schwein) Petch. (forma sexuada) ou *Fusarium graminearum* Schwabe (forma assexuada), o qual produz principalmente as micotoxinas deoxinivalenol (DON) e zearalenona (ZEA), entre outras. Essas micotoxinas pertencem a um grupo de metabólitos quimicamente diversos com grande variedade de efeitos tóxicos. A presença das micotoxinas nos grãos podem causar danos à saúde humana e animal, e conseqüentemente, danos de ordem sanitária e econômica. FERNANDES (1997) relatou que no sistema de plantio direto, a manutenção de restos culturais na superfície do solo proporciona a sobrevivência do patógeno *G. zeae*, garantindo inóculo em abundância. Este trabalho hipotetizou que devido ao crescente número de agricultores que aderiram a

algum tipo de preparo conservacionista, com restos de cultura na superfície do solo, aumentou a ocorrência de giberela. Este mesmo autor afirmou que a giberela poderá ser o grande desafio a ser vencido, caso se confirme uma estreita ligação entre a maior incidência da doença e o sistema de plantio direto.

A prática de rotação de culturas é uma tecnologia que dá sustentação ao plantio direto, por meio de fornecimento de biomassa ao sistema. Existem várias definições de rotações de culturas. A rotação de culturas constitui-se na alternância regular de diferentes culturas em uma mesma área (SANTOS e REIS, 2001). Outra definição foi apresentada na REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA... (2004), na qual rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais, ao longo dos anos, numa mesma área agrícola. Já uma definição mais complexa foi apresentada por DERPSCH (1985) segundo a qual a rotação de culturas é a alternância ordenada de diferentes culturas, num espaço de tempo, na mesma lavoura, obedecendo finalidades definidas, sendo que uma espécie vegetal não é repetida, no mesmo lugar, com intervalo menor do que um a três anos. Observou-se que nesta última definição foi imposta limitação de período de intervalo de tempo. Já uma definição do ponto de vista fitopatológico foi a de REIS (1991), na qual consiste em se deixar de semear trigo, soja ou milho numa lavoura, até que ocorra a completa decomposição microbiana dos restos culturais e, conseqüentemente a diminuição dos patógenos necrotróficos da área cultivada. Segundo SANTOS e REIS (2001), sucessão de culturas é a seqüência de culturas dentro do mesmo ano agrícola. Independente da decomposição da palha das culturas antecessoras, a definição de rotação de culturas adotada neste trabalho é a da REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA... (2004). Entretanto quando cultivos de gramíneas entram com maior freqüência no sistema de rotação, ocorre um aumento do risco de epidemias de giberela (DEL PONTE et al., 2004). Em trabalho de rotação de culturas no estado de Minnesota (EUA), tendo o trigo como cultivo principal e trigo, milho e soja como cultivos antecessores, DILL-MACKY e JONES (2000) concluíram que a incidência de giberela em trigo foi mais alta em rotações de trigo com milho e menor em rotações de soja com trigo, sugerindo que o milho, além de hospedeiro de *G. zeae*, apresentou maior volume de resíduo e menor velocidade de decomposição, aumentando o risco da ocorrência de giberela. Os teores de DON nos grãos de trigo, quando cultivados após soja foram 25% mais baixos do que os teores encontrados nos grãos de trigo cultivados após trigo e 50% mais baixos do que os teores encontrados nos grãos de trigo cultivados após milho. Desta forma, esses autores evidenciaram que plantio de trigo sobre palhada de milho é um fator que favorece maior incidência desta doença.

DILL-MACKY e SALAS (2002), compararam a incidência de *F. graminearum* em plantas de trigo e cevada semeados em parcelas com palha queimada e palha sem queimar. A queimada não só reduziu os resíduos vegetais da superfície, bem como reduziu a incidência do *F. graminearum* nas plantas de trigo e cevada (3,3 %), em comparação as plantas coletadas das parcelas não queimadas (5,3%). Em outro trabalho relacionando fonte de inóculo e práticas de manejo, DEL PONTE et al. (2003) sugeriram que lavoura de trigo semeada em área com alta concentração de colmos de milho favoreceu forte agregação espacial de espigas de trigo infectadas com *G. zeae*. LIMA (2005) também inferiu que a giberela é uma doença favorecida pelos sistemas conservacionistas de manejo de solo, pois a manutenção de restos culturais na superfície do solo facilita a produção e disseminação de unidades infectivas de *G. zeae*.

Contrapondo com as referências acima, REIS (1990) afirmou que a rotação de culturas é uma medida pouco prática para o controle de giberela, devido a abundância de inóculo na região Sul do Brasil, pois *G. zeae* possui ampla gama de hospedeiros, dentre eles gramíneas de lavouras comerciais, gramíneas nativas e plantas daninhas. SCHAAFSMA et al. (2001) calcularam por meio de modelos lineares, quanto da variação dos níveis de DON nos grãos de trigo estava associada aos efeitos ano e práticas agronômicas. O efeito ano explicou 48% da variação dos teores de DON nos grãos de trigo, seguido pelo efeito cultivar (27%) e o efeito do cultivo de um ano anterior (14 a 28%). Nenhum efeito nos teores de DON nos grãos de trigo foram explicados por meio de práticas agronômicas, dentre elas, sistema de aração, cultivos de 3 anos antecessores ao trigo ou tipo de adubo nitrogenado. MUNKVOLD (2003) considerou que práticas culturais utilizadas no campo (rotação de culturas, aração, escalonamento de época de semeadura e manejo de irrigação e fertilizantes) tem capacidade limitada para resolver o problema de micotoxinas nos grãos de milho, mas podem ser utilizados para reduzir o risco de contaminação dos grãos por aflatoxinas, e possivelmente DON e fumonisinas.

Devido às baixas temperaturas noturnas e outras ótimas condições ambientais, a cultura do milho tem atingido altas produtividades na região centro sul do Estado do Paraná. Estes fatores aumentaram a rentabilidade do milho, refletindo em crescente aumento de área cultivada nos anos 90, aumentando a participação na rotação e sucessão de culturas. Por outro lado a soja que ocupou maior área de cultivo no verão até início dos anos 90, teve sua participação diminuída devido as menores produtividades em nossa região, quando comparadas com outras regiões de cultivo desta oleaginosa. Vários estudos na área indicaram

que a palha de cereais hospedeiros de *G. zeae*, principalmente a de milho em sistema de plantio direto, foi responsável pelo aumento da incidência desta doença e dos teores de micotoxinas produzidos pela mesma nos grãos. No entanto, ainda não está claro se práticas agronômicas que visam diminuir a quantidade de palha, seja por meio de rotação e sucessão de culturas ou por manejo de fertilizantes, são efetivas para diminuir a ocorrência de *G. zeae* e a produção de DON e ZEA, em regiões subtropicais do Brasil com expressivas áreas de produção de milho em plantio direto. A hipótese geral foi que se a quantidade da palha do milho em plantio direto for diminuída, via rotação de culturas e manejo de fertilizantes, então diminuirá a ocorrência de giberela e a quantidade das micotoxinas DON e ZEA produzidas nas culturas de verão (milho) e de inverno (cevada e trigo). Desta forma este trabalho objetivou determinar se o efeito da diminuição da palha do milho em plantio direto atenua o problema da giberela e da produção de DON e ZEA em nível de campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O PATÓGENO *Gibberella zeae*

O fungo *G. zeae* sobrevive saprofiticamente no período de entressafra, nos restos culturais de plantas hospedeiras e não hospedeiras (REIS e CASA, 1999). Sobre esses resíduos vegetais, o fungo pode produzir esporos assexuais (macroconídios) e esporos sexuais (ascosporos). Os macroconídios são liberados e dispersos pela ação da chuva e do vento, podendo chegar até o dossel da cultura a ser parasitado. Já os ascosporos, formados dentro dos peritécios, sob condições de molhamento, são liberados para acima do dossel da cultura (DEL PONTE et al., 2004). Os ascosporos, por serem mais leves que os macroconídios, podem ser elevados por turbulência atmosférica e dispersados para longas distâncias da fonte de origem por meio de correntes de vento. Não somente os ascosporos, mas também os macroconídios, em contato com as espigas, infectam os tecidos florais quando ocorrem condições de alta umidade e temperatura entre 20 e 30 °C, desde o espigamento, passando pelo período de extrusão das anteras, até estádios mais avançados de grão em massa. De maneira geral os ascosporos são considerados o mais importante tipo de inóculo na infecção (SUTTON, 1982; PARRY et al., 1995). Entretanto, DEL PONTE et al. (2004) acreditam haver motivos para considerar os macroconídios com importância no processo de inoculação. Esses

autores destacaram inclusive que algumas espécies de *Fusarium* spp., que também causam giberela em outras regiões além do Brasil, principalmente na Europa, não apresentam a fase perfeita, ou esta raramente ocorre, como é o caso de *F. culmorum*, *F. avenaceum* e *F. poae*, produzindo somente macroconídios. A giberela é uma doença monocíclica. Em trabalhos de quantificação de ascosporos versus macroconídios, MARKELL e FRANCL (2003), REIS (1988) e PANISSON et al. (2002), encontraram respectivamente relações de 2:1, 9,8:0,2 e 9:1. Em outro experimento semelhante, OSBORNE et al. (2002), determinaram proporções de ascosporos versus macroconídios que variaram de 7:1 até 1:4. Nesse mesmo experimento os esporos foram recuperados a partir de tecidos não suscetíveis, como folha e colmo de trigo, chegando a recuperar até 1500 esporos por folha. Com relação a formação de peritécios de *G. zeae*, DUFAULT et al. (2002), trabalhando com palha de milho em ambiente controlado, determinaram que o desenvolvimento dos peritécios pode ser limitado por longos períodos em que a palha permanece seca ou com temperaturas acima de 30 °C.

No caso específico do trigo, LIMA (2003), trabalhando com inoculação de macroconídios de *F. graminearum* em casa de vegetação, comprovou que a infecção ocorre já a partir do espigamento, mesmo antes da extrusão das anteras. Na revisão de FERNANDES (1997), foi relatado que o processo de extrusão de anteras está intimamente ligado à umidade relativa e a temperatura do ar. As anteras são eliminadas mais rapidamente em dias de céu claro do que em dias nublados. Uma espiga de trigo completa a floração em 3 a 5 dias, quando clima é quente e sem nuvens, e em 6 a 8 dias, se o clima for úmido e encoberto. Desta maneira, quanto maior o período que a antera permanecer externamente à espiga, maior a probabilidade de ser atingida pelos ascosporos ou macroconídios e conseqüentemente ocorrer infecção. Em outro trabalho ENGLE et al. (2002) presumiram que as anteras eram o caminho de entrada para dentro da planta, pois os níveis de giberela em trigo são mais altos quando o clima úmido coincide com a antese no campo e quando as espiguetas são inoculadas em casa de vegetação. Como colina e betaína são os principais compostos das anteras do trigo, esses autores inferiram que essas substâncias eram promotores da entrada de *G. zeae* nas espiguetas, por promoverem a germinação do esporo e a elongação das hifas do fungo. Entretanto ao testarem essa hipótese, os autores concluíram que esses compostos não promoveram a colonização do fungo. Esse resultado vem de certa maneira a corroborar com os resultados de LIMA (2003), que indicaram que a entrada do fungo pode se dar mesmo antes da antese do trigo, já a partir de espigamento. Após a infecção, o fungo propaga-se

através do ráquis, sendo os sintomas percebidos após alguns dias por meio da visualização de senescência prematura de espiguetas infectadas, apresentando-se despigmentadas, de coloração esbranquiçada ou cor de palha, que contrastam com o verde normal de espiguetas sadias (LIMA, 2005). Também é sintoma típico de giberela em trigo, a alteração do sentido das aristas das espiguetas afetadas, que se desviam do sentido das aristas de espiguetas não afetadas. Esses sintomas podem se expandir por toda a espiga. Em estádios de desenvolvimento posteriores a esse, sob a continuidade de condições de umidade prolongada, observa-se uma massa rosada ou com coloração salmão, em decorrência da produção de macroconídios de *F. graminearum* (DEL PONTE et al., 2004). Outro sintoma de giberela que pode ser observado em espigas secas é a formação de pontuações escuras, que são os peritécios, que contém as ascas com ascosporos, de *G. zeae* (LIMA, 2005). Nas espiguetas atacadas por giberela formam-se grãos de trigo deformados, chochos, enrugados de coloração branco-rosada e pardo-clara, podendo conter micotoxinas produzidas pelo fungo (DEL PONTE et al., 2004 e LIMA, 2005). Com relação ao padrão de aparecimento da giberela em lavouras de trigo, EL-ALLAF et al. (2002) relataram que espigas infectadas com giberela estavam agregadas dentro dos campos de trigo. O grau de agregação era moderado e aumentava com o passar do tempo, a medida que aumentava a incidência da doença. Com relação a formação de peritécios de *G. zeae*, GUENTHER e TRAIL (2002), trabalhando com palha de trigo, inferiram que o desenvolvimento dos peritécios em resíduos de trigo e a produção de ascas com ascosporos a partir desses peritécios tem impacto importante em sistemas de cultivo com preparo reduzido. A colheita mecanizada de lavouras comerciais subestima os teores de micotoxinas potencialmente existentes nos grãos colhidos, pois grande parte dos grãos giberelados, principalmente aqueles que foram infectados no início de sua formação e que não tem sua formação completa, são leves e conseqüentemente são descartados junto com a palha e aristas durante a trilha. Como esses grãos giberelados descartados não fazem mais parte da massa de grãos colhidos, não contribuem mais para o aumento potencial do teor de micotoxinas nos grãos armazenados. Experimento conduzido por SCHAAFSMA et al. (2001) confirmou os fatos acima relatados, pois teores de DON em grãos de trigo colhidos e trilhados a mão foram maiores do que teores encontrados em grãos de trigo colhidos na mesmas lavouras com colheita mecânica.

Em cevada, segundo MATHRE (1992), os ascosporos liberados a partir dos peritécios produzidos nos resíduos são levados pelo vento para as espigas da cevada quando o clima é úmido e quente. A infecção ocorre como resultado do estabelecimento do fungo nas anteras

extrusadas, crescendo dentro dos grãos em desenvolvimento. Em termos epidemiológicos, o processo infeccioso de *G. zeae* exige período longo de molhamento contínuo nos sítios de infecção. Segundo PROM et al. (1999), o estágio de desenvolvimento no qual o trigo e a cevada são infectados pelo *G. zeae* são diferentes. Esses autores destacam que para trigo a infecção ocorre principalmente durante o período de floração, que ocorre após a saída da espiga da bainha da folha bandeira, informação essa diferente da obtida por LIMA (2005). Já para cevada o florescimento ocorre quando a espiga está ainda dentro da bainha da folha bandeira e nesse estágio a espiga está protegida da infecção dos fungos *Fusarium* spp. Ainda segundo os mesmos autores, infecção em cevada vai ocorrer somente após o florescimento e espigamento, quando a espiga sai para fora da bainha da folha bandeira. Contrastando com essas informações, acredita-se que em condições altamente favoráveis para a ocorrência da giberela no Sul do Brasil, a infecção pode ocorrer antes mesmo da saída da espiga da bainha da folha bandeira. Essa constatação é apoiada inicialmente em observações de lesões na bainha da folha bandeira. Quando a infecção ocorre muito cedo, no momento em que a espiga ainda está dentro da bainha, o desenvolvimento da doença é tão severo que todos os grãos apresentam-se afetados com coloração esbranquiçada. Nesse caso não ocorre o espigamento normal, pois as espigas ficam retidas dentro da bainha, sendo que esta apresenta lesões cloróticas com bordas escuras. Ao abriremos bainhas com esse sintoma encontramos espigas totalmente recobertas com micélio de coloração esbranquiçada de *F. graminearum*. Como as espigas de cevada estão totalmente protegidas pela bainha da folha bandeira até o estágio da floração, acredita-se que o único possível ponto de entrada é o orifício da inserção da folha bandeira, por onde saem as pontas das aristas da espiga. Os sintomas típicos de giberela em cevada são desenvolvidos em três dias após a infecção, quando a temperatura está entre 25 a 30 °C e a umidade é contínua, como ocorre com chuvas ou névoa densa. Em infecções que ocorrem após a saída da espiga da bainha da folha bandeira, LIMA (2005) destacou que em cevada, ao contrário do trigo, raramente ocorrem desvios no sentido das aristas, em relação ao sentido das aristas de espiguetas sadias. A mesma autora destaca que a infecção geralmente ocorre em mais de um local na espiga, apresentando distribuição pontual, não sendo comum a evolução dos sintomas por toda a espiga. Espiguetas afetadas ainda verdes apresentam coloração salmão, em decorrência da produção de macroconídios de *F. graminearum*. Também podem se desenvolver pontuações escuras nas espiguetas e na superfície dos grãos colhidos, estruturas essas denominadas peritécios de *G. zeae*. Entretanto, os ascósporos produzidos por esses

peritécios são liberados muito tarde para ter função de inóculo secundário, mas persistem no resíduo do hospedeiro. Os grãos colhidos a partir das espiguetas afetadas são menores, mais finos e podem apresentar coloração branco-rosada a pardo clara.

No caso de milho os esporos de *G. zeae*, que nesta espécie causam a doença podridão-de-*Gibberella* ou podridão-vermelha-da-espiga, podem entrar através de ferimentos nas brácteas (palha) da espiga ou por meio da germinação dos esporos e penetração através dos estigmas até os grãos e o sabugo (REID et al., 1996). Esse processo de colonização em milho dá-se pela invasão das espigas a partir da extremidade apical aonde são expostos os estigmas, progredindo em direção a base, durante o estágio de enchimento dos grãos. Segundo MUNSTOCK e BREDEMEIER (2006) a entrada do fungo se dá inicialmente pelos estigmas e continua nas primeiras semanas de desenvolvimento dos grãos. A infecção geralmente começa na ponta da espiga, também ocasionada por ataques de pássaros e insetos nessa região. A infecção pode se espalhar para o restante da espiga e a colonização dos grãos pode continuar até após a maturação e a armazenagem, se as condições continuarem favoráveis. Esses mesmos autores destacam que a presença da *G. zeae* é caracterizada pelo micélio avermelhado sobre e entre os grãos e que também as brácteas estão freqüentemente aderidas umas às outras devido ao crescimento do fungo entre elas. A continuação da colonização depende da temperatura, que deve estar entre 20 a 30 °C, e do período de molhamento das espigas que deve ser acima de dois dias, atacando não somente os grãos, como também os sabugos e as brácteas. Ainda segundo MUNSTOCK e BREDEMEIER (2006) o fungo, aparentemente não penetra no interior do grão, ficando aderido ao pericarpo e à camada de aleurona.

2.2 MICOTOXINAS PRODUZIDAS A PARTIR DE *Gibberella zeae*

Existem poucos trabalhos que explicam o papel da micotoxina junto ao patógeno. CHULZE (2006) afirmou que o crescimento de fungos toxigênicos e a produção de toxinas são influenciados por diferentes fatores tais como temperatura, disponibilidade de água e produtos químicos. Neste mesmo trabalho foi determinado que várias espécies de fungos toxigênicos, tais como isolados de *F. graminearum* em trigo, são geneticamente diversas, o que poderia ser um fator de variação adicional. Em comunicação pessoal MARTINELLI (2006) salientou que quando o fungo toxigênico *G. zeae* está estressado tende a produzir mais micotoxinas. Também em comunicação pessoal VOLPI (2004) constatou que durante o

processo de malteação de cevada cervejeira quando o fungo *G. zeae* é submetido a condições de estresse resulta em uma produção de micotoxinas em maior quantidade.

Segundo SCUSSEL (1998), as principais micotoxinas encontradas nos alimentos e que comprovadamente tem propriedades tóxicas acentuadas são: toxinas do Ergot, aflatoxinas, esterigmatocistina, ocratoxina, zearalenona, tricotecenos, fumonisinas, patulina, toxinas produzidas no arroz, rubratoxinas, esporodesminas, ácido ciclopiazônico e micotoxinas tremorgênicas. Entretanto os principais grupos de micotoxinas produzidas a partir de *Fusarium* spp. e comumente encontrados em grãos são os do grupo do tricotecenos (incluindo a deoxinivalenol, toxina T-2, diacetoxiscirpenol, fusarenona X e nivalenol), zearalenona e as fumonisinas (BOTTALICO, 1998). Segundo o mesmo autor, as micotoxinas encontradas mais frequentemente em cereais de inverno com espigas gibereladas na Europa são DON e ZEA, produzidas por *F. graminearum* (região sul onde é mais quente) e por *F. culmorum* (região norte onde é mais frio). Na mesma revisão foi relatado a presença das micotoxinas ZEA, DON, nivalenol e fusarenona X em milho com podridão vermelha da espiga causada por *F. graminearum*. Devido a importância relatada em diversos trabalhos revisados até o momento, as micotoxinas DON e ZEA serão mais destacadas na continuação desta revisão.

O DON é um composto do grupo dos tricotecenos e segundo MOLIN (1999), pode ser biosintetizado em ambientes com temperaturas constantes entre 12 e 28 °C, com ótimo entre 25 e 28 °C, em substratos com umidade entre 22 e 50% (ótimo 50%), não ocorrendo a produção dos mesmos em grãos com umidade entre 13 e 14%. EVANS et al. (2000) não conseguiram encontrar DON em macroconídios de *F. graminearum*, antes de utilizá-los para inocular espigas de cevada. Não obstante, esses mesmos isolados de macroconídios de *F. graminearum* foram patogênicos para as cultivares Robust (moderadamente suscetível) e Chevron (moderadamente resistente) e produziram teores de DON entre zero a 3,69 ng g⁻¹, indicando que essa toxina só é produzida pelo fungo após inoculação na espiguetas hospedeira. Nesse mesmo trabalho, DON foi detectado nas espiguetas 48 h após a inoculação e apresentou um incremento dramático 72 horas após inoculação não apresentando diminuição dos teores a partir daquele momento. DON é também forte inibidor de síntese de proteína e induz a “morte programada de células” (sigla PCD programmed cell death em inglês) em células animais (BUSHNELL e SEELAND 2002). Esses autores acharam indícios que DON também induz PCD em tecidos foliares e deve ter o mesmo efeito nos tecidos das espigas de trigo contaminadas com giberela. REID et al. (1996) destacou que DON é mais provável de ser produzido no campo do que durante a armazenagem. SCUSSEL (1998) relatou que os

principais alimentos passíveis de contaminação por tricotecenos são o milho (onde o tricoteceno mais encontrado é o DON), cevada e outros cereais, além de feno, palha e ração animal. Segundo a mesma autora, os tricotecenos afetam os centros de produção do sangue, caracterizada por danos no sistema nervoso, no trato gastrointestinal e cardiovascular. Tricotecenos causam hemorragias ao redor e por dentro da boca, no reto, na mucosa do intestino delgado e estômago, seguindo-se de gastroenterite, bem como vômitos, recusa de alimentos com vômito principalmente em suínos, aborto em gado, diarreia, grande depressão, seguido de morte. A mesma autora destacou que bovinos e aves são menos sensíveis ao DON e aceitam milho com DON que tenha sido anteriormente rejeitado por suínos. Nas aves ocorre também formação de ovo com casca fina e diminuição da produção de ovos. BOTTALICO (1998) e REID (1996) relataram que os tricotecenos causam uma variedade de efeitos tóxicos em animais de laboratório e domésticos, dentre esses efeitos destacam-se: inflamação de pele, desordens digestivas, hemorragias em órgãos internos, desordens nervosas diminuição do ganho de peso. Na Tabela 1 são apresentados os limites de tolerância para DON em diferentes produtos em diversos países. Observa-se que alguns países tem especificações de limites mais baixos de tolerância para DON em produtos destinados para suínos e para bebês, indicando que esses consumidores são mais sensíveis a essa toxina. Já o limite de 5 ppm para bovinos nos dá uma indicação que esta espécie é mais tolerante ao DON. Observa-se também que, infelizmente, não existe legislação brasileira para esta toxina. No Brasil existe legislação somente para aflatoxinas.

TABELA 1 - Limites de tolerância para DON em diferentes produtos em diversos países

País	Produto	Limite		Fonte
		Unidade divulgação	ppm	
Canadá	Trigo mole	2000 $\mu\text{g kg}^{-1}$	2,0	FAO (1997)
	Grãos de trigo para alimentos de bebê	1000 $\mu\text{g g}^{-1}$	1,0	
	Rações para gado e aves	5000 ppb	5,0	
	Rações para suínos, novilhas e animais em lactação	1000 ppb	1,0	
EUA	Alimentos prontos de trigo	1000 $\mu\text{g kg}^{-1}$	1,0	FAO (1997)
Áustria	Rações para suínos	500 $\mu\text{g kg}^{-1}$	0,5	www.lamic.ufsm.br www.micotoxinas.com.br
	Rações para gado corte, poedeiras e matrizes	1000 $\mu\text{g kg}^{-1}$	1,0	
	Rações aves de corte	1500 $\mu\text{g kg}^{-1}$	1,5	
Rússia	Café	1000 $\mu\text{g kg}^{-1}$	1,0	www.lamic.ufsm.br www.micotoxinas.com.br
Brasil	Inexistentet			

Unidades de conversão: $\mu\text{g kg}^{-1}$ = ppb e $\mu\text{g g}^{-1}$ = ppm.

† Existe legislação somente para aflatoxinas.

A ZEA, juntamente com os tricotecenos, são produzidos por diferentes espécies de *Fusarium* spp., dentre elas o *F. graminearum*. A estrutura química da ZEA é semelhante ao hormônio sexual feminino estrogênio e tem como alvo os órgãos reprodutivos. Milho, sorgo, trigo, cevada, malte de cevada, café cru, rações e outros cereais são os alimentos mais passíveis de contaminação por ZEA (SCUSSEL, 1998). Segundo a mesma autora, a temperatura ótima de desenvolvimento de *Fusarium* spp. é diferente da temperatura ótima para produção de ZEA. Os *Fusarium* spp. crescem na faixa de 0 e 40 °C, sendo que a temperatura ótima é entre 20 e 25 °C. Entretanto a ZEA é produzida à 12 °C e o tricoteceno T-2 à 8 °C, inferindo que *Fusarium* spp. produz essas toxinas sob efeito de um choque térmico. Já segundo MOLIN (1999) ZEA pode ser sintetizada em milho em ambiente com temperaturas constantes ou alternadas e com alta umidade. O desenvolvimento de *F. graminearum* e a produção de ZEA em milho é possível a partir de 7 °C com 24% de umidade de substrato de grão de milho, 12 a 18 °C com 16 % de umidade e 25 °C com 14% de umidade, sendo que a umidade e as temperaturas ótimas são de 40% e 25 °C alternando com 14 °C. REID et al. (1996) destacaram que ZEA tem a tendência de ser acumulada em maior proporção nas espigas de milho armazenadas, do que a nível de campo. Os animais mais suscetíveis a ZEA são suínos, gado leiteiro, carneiros, galinhas, perus, entre outros. Os

sintomas de intoxicação mais característicos são inflamação do útero, mamas e vulva (causando o prolapso vaginal) em fêmeas púberes, atrofia testicular e inflamação de mamas em machos jovens, infertilidade de machos adultos e redução do tamanho da leitegada (SCUSSEL, 1998; REID, 1996). O conjunto desses sintomas é denominado hiper estrogenismo (SCUSSEL, 1998) ou síndrome estrogênica (REID, 1996). Como ZEA e DON e outros tricotecenos são produzidos pelos mesmos fungos, misturas dessas toxinas podem ocorrer numa mesma amostra, ocasionando acúmulo de sintomas. Os limites de tolerância para ZEA em diferentes produtos em diversos países estão na Tabela 2. Alimentos para crianças na Itália apresentam os mais baixos limites de tolerância para ZEA (20 ppb) seguido de rações para suínos na Áustria, indicando que esses consumidores são os mais sensíveis a essa toxina. A exemplo dos limites para DON, ainda não existe legislação brasileira para ZEA.

TABELA 2 - Limites de tolerância para ZEA em diferentes produtos em diversos países

País	Produto	Limite		Fonte
		Unidade divulgação	ppb	
Uruguai	Milho e cevada	200 $\mu\text{g kg}^{-1}$	200	www.lamic.ufsm.br www.micotoxinas.com.br
Áustria	Rações para matrizes suínas	50 $\mu\text{g kg}^{-1}$	50	www.lamic.ufsm.br www.micotoxinas.com.br
França	Cereais e óleos vegetais	200 $\mu\text{g kg}^{-1}$	200	www.lamic.ufsm.br www.micotoxinas.com.br
Itália	Alimentos para crianças	20 $\mu\text{g kg}^{-1}$	20	www.lamic.ufsm.br www.micotoxinas.com.br
	Cereais e produtos	100 $\mu\text{g kg}^{-1}$	100	
Rússia	Café	1000 $\mu\text{g kg}^{-1}$	1000	www.lamic.ufsm.br www.micotoxinas.com.br
Brasil	Inexistente†			

Unidades de conversão: $\mu\text{g kg}^{-1} = \text{ppb}$ e $\mu\text{g g}^{-1} = \text{ppm}$.

† Existe legislação somente para aflatoxinas.

2.3 PODRIDÃO VERMELHA DA ESPIGA NA CULTURA DO MILHO

A podridão vermelha da espiga ou podridão de gibberella no milho reduz o potencial de produção dos híbridos e provoca perdas de qualidade de grãos devido as micotoxinas produzidas pelo patógeno (REID et al., 1996). Nesse trabalho espigas de milho de diferentes híbridos foram inoculadas com suspensão de macroconídios de *F. graminearum*, com o objetivo de medir a quantidade e a distribuição de DON. Os maiores teores de DON foram encontrados

no sabugo, seguido pelos teores encontrados nos grãos com sintoma da doença. Também ocorreu correlação entre nível de DON e avaliação visual de severidade da doença. Como os sabugos e grãos de milho menores e infectados, aderidos ou não aos sabugos, saem durante a trilha, pode-se inferir que estes resíduos podem contribuir para o aumento de potencial de inóculo deste fungo. GALLI et al. (2005) incubando sementes de milho híbrido com isolados de *F. graminearum*, determinaram que períodos de 32 h de incubação foram suficientes para obter sementes infectadas. Embora as infecções não tenham causado efeito na germinação das sementes, ocorreu diminuição do vigor (envelhecimento acelerado e teste de germinação a frio) das mesmas, quando comparadas com sementes não incubadas. Dessa forma os prejuízos ocasionados por essa doença em milho não são somente relacionados a perda de rendimento e aumento de teores de micotoxinas nos grãos. Prejuízos podem ser também constatados na diminuição de população de lavouras instaladas com sementes infectadas e a palha, sabugo e grão descartados na colheita tem potencial para aumentar o inóculo do *G. zeae* na região. Segundo MUNKVOLD (2003), o maior potencial de possibilidades para resolver a questão de micotoxinas em milho, direta ou indiretamente, reside na resistência genética. Fontes de resistência genética convencional para fungos toxigênicos já existem. Entretanto essas fontes de resistência não tem sido utilizadas com mais frequência devido a sua natureza poligênica e baixa performance agrônômica. Ferramentas de melhoramento genético molecular, como mapeamento genético e seleção assistida com marcadores moleculares, já estão auxiliando melhoristas a utilizar fontes de resistência convencional, mas os híbridos obtidos ainda não têm níveis de resistência adequados. Ainda segundo o mesmo autor, estratégias para obtenção de milhos híbridos com resistência transgênica contra a acumulação de micotoxinas nos grãos tem sido intensivamente estudadas, mas os resultados demorarão para aparecer. Resistência genética indireta contra a produção de micotoxinas foi obtida por meio de híbridos transgênicos Bt devido a associação entre o dano de inseto, penetração do fungo e acumulação de micotoxinas. Infelizmente a estratégia do Bt não tem sido suficiente para constituir uma solução de longo prazo, pois os inóculos de *Fusarium* spp. podem entrar nos grãos de milho de outras formas, além dos danos dos insetos.

2.4 GIBERELA NA CULTURA DO TRIGO

A infecção da *G. zeae* no trigo causa infertilidade das espiguetas, pobre enchimento dos grãos, redução da qualidade da semente e contaminação dos grãos por micotoxinas

(ENGLE et al., 2002). De acordo com TRIGO-STOCKLI et al. (1995), as perdas diretas em trigo devido a fusariose são expressivas e podem alcançar entre 25-40% em lavouras severamente atacadas. O impacto econômico da fusariose no trigo tem sido devastante nas regiões produtoras do norte dos E.U.A. (MERONUCK, 1997). As perdas no Red River Valley, foram estimadas em torno de \$ 1 bilhão em 1993 e \$ 500 milhões em 1994. PANISSON et al. (2003) relataram perdas de 4,2 a 25,9% em lavouras de trigo durante a epidemia de 2000 ocorrida na região de Passo Fundo. O trabalho de WILCOXSON et al. (1992), mostrou que o rendimento do trigo geralmente diminui a medida que aumenta a severidade da doença e que trigo infectado pode também reduzir a qualidade para panificação. Em outra pesquisa publicada por PARRY et al. (1995), citou-se que trigo infectado por *G. zeae* reduziu a proteína dos grãos e o teor de glúten, conseqüentemente reduzindo a qualidade de panificação das farinhas. No entanto, a maior preocupação é a habilidade do fungo *G. zeae* em produzir DON, ZEA e outras micotoxinas. No caso de trigo a infecção do fungo e o conseqüente possível desenvolvimento de micotoxinas se dá principalmente nas camadas externas do grão, embora possam também se desenvolver no endosperma dependendo do momento de entrada do fungo. A produção de micotoxinas no trigo tem uma particularidade devida ao processo industrial de moagem. Durante a moagem desse cereal as camadas externas do grão, pericarpo, testa e camada de células do aleurona (denominadas pelos moageiros como farelo) são extraídas, antes de se iniciar a moagem do endosperma. Com exceção do processo de fabrico das farinhas integrais, que incorporam parte do farelo, o processo de obtenção das farinhas de tipo 1 e 2 (brancas) descartam o farelo e considerável parte das micotoxinas. A maioria dos moinhos destinam o farelo de trigo para utilização como ração animal. Entretanto devido a alta sensibilidade de suínos e aves às principais micotoxinas, este farelo deve ter utilização preferencial para ração de bovinos, que devido as características do aparelho digestivo ruminante são mais tolerantes às micotoxinas.

O melhoramento de plantas visando resistência a giberela em trigo é complexo. As resistências são descritas em dois diferentes tipos. A resistência do Tipo I é definida como resistência à infecção inicial (LIMA e FERNANDES, 2002 e WISNIEWSKA et al., 2004) cuja caracterização é difícil de realizar devido a ser altamente influenciada pelas condições ambientais. Já a do Tipo II é a resistência à colonização no tecido do hospedeiro, mais especificamente resistência ao desenvolvimento do fungo dentro da espiga. É o tipo de resistência mais utilizado em programas de melhoramento, por ser um caractere estável,

menos afetado pelo meio ambiente, facilitando a seleção para resistência parcial a este patógeno e contribuindo para aumentar o nível de resistência em trigo (WISNIEWSKA et al., 2004). Estes mesmos autores concluíram que a obtenção de resistência à giberela é caro e de longo prazo, pois diferentes fontes de resistência podem possuir diferentes genes em diferentes formas ou tipos acima descritos. Entretanto mesmo sendo de longo prazo, as estratégias de melhoramento como piramidação de genes de resistência e a introgressão de genes menores de resistência em germoplasma adaptado possibilitarão a obtenção de trigos resistentes à giberela (WISNIEWSKA et al., 2004).

2.5 GIBERELA NA CULTURA DA CEVADA

CAPETTINI et al. (1999) afirmou que a fusariose da espiga é na atualidade a enfermidade de cevada mais importante na região centro-oeste do E.U.A. Uma das possíveis causas é o avanço do milho para o norte chegando inclusive já no Canadá, devido ao desenvolvimento de híbridos mais adaptados a regiões mais frias. De acordo com o “U.S. General Accounting Office Report”, a giberela e o sub-produto DON, têm custado aos produtores de cevada de Dakota do Norte U\$ 61 milhões em descontos devido a presença desta micotoxina entre os anos 1993 e 1997. (BARLEY BULLETIN, 1999). Em trabalho apresentado no “III Congreso Latinoamericano de Cebada”, DILL-MACKY (1999) advertiu que essa doença estava crescendo nos E.U.A. e que 55% das propriedades estavam sendo fechadas no Estado da Minnesota, devido também a este problema.

A área de cultivo de cevada no Brasil está concentrada na região Sul do país, onde foram semeados na safra 2004 146.803 ha, com uma produção recorde de 395.277 toneladas, sendo que a cultivar BRS 195 contribuiu com 59% deste total (MINELLA et al., 2005). As cultivares atualmente indicadas são suscetíveis à *G. zeae*, o que torna necessária a adoção de medidas de controle eficientes para evitar prejuízos no rendimento e na qualidade cervejeira (EMBRAPA, 2005). A cultivar BRS 195 apresenta alta suscetibilidade ao patógeno *G.zeae*, causador da giberela, podendo reduzir drasticamente a produtividade, provocando perdas entre 3,5 a 14,5 % (PANISSON et al., 2003). Não obstante, o prejuízo mais importante é devido a produção de micotoxinas, sendo no caso da giberela em cevada, a produção de DON.

Grãos de cevada cervejeira oriundos de lavouras infectadas por giberela apresentam inicialmente problemas na maltaria. O ataque do fungo nos grãos, faz com que ocorra a

produção de giberelinas, que favorece o início do processo de germinação á campo. Estes grãos, quando conseguem manter o poder germinativo acima de 95 %, tem uma diminuição do tempo de malteação industrial. Entretanto como a quantidade de grãos giberelados é geralmente menor do que os sadios, resulta em um lote de malte desuniforme em termos de qualidade, pois os grãos afetados pelo fungo sofrem uma transformação bioquímica além do desejável na maltaria. Tanto em trigo como em cevada a infecção do *G. zeae* e o possível desenvolvimento de micotoxinas ocorre principalmente nas camadas externas dos grãos, embora possam também afetar o endosperma, dependendo do momento de entrada do fungo. Mais especificamente no caso da cevada, grande parte das micotoxinas concentram-se na lema e pálea (casca), estruturas estas que estão adsorvidas no pericarpo, testa e camada de células do aleurona e devido a essa característica parte das micotoxinas podem entrar no processo de malteação. Durante a fase de maceração (molhamento dos grãos antes da germinação), as micotoxinas e parte dos fungos são “lavados”. Entretanto parte remanescente dos fungos permanece nos grãos, e seguem para a caixa de germinação. Devido as ótimas condições de temperatura e umidade durante a germinação, os fungos remanescentes da maceração desenvolvem-se e podem produzir micotoxinas. Na fase seguinte do processo de malteação, a secagem com altas temperaturas, mata e interrompe o desenvolvimento dos fungos, mas não elimina as micotoxinas produzidas anteriormente durante a germinação. Devido a estas características de processo, quantidades significativas de DON e ZEA podem permanecer na casca do malte e consequentemente seguir para o processo de fabricação de cerveja.

Segundo SCHWARZ (1997), o uso de cevada infectada com giberela na malteação e no fabrico de cerveja pode ser origem de numerosos problemas, tais como alterações de sabor, problemas de processo e o “gushing” na cerveja. Quando uma cerveja contaminada com DON é aberta, grande parte do dióxido de carbono que está dissolvido na cerveja sai imediatamente da solução, e ocorre o fenômeno do extravasamento de cerveja ao abrir a garrafa (PARRY et al 1995; CAPETTINI et al., 2003; LIMA 2005). Altos teores de DON em cevada são preocupantes para a indústria malteira e cervejeira, e muitas dessas indústrias tem limites zero de tolerância para essa micotoxina (CAPETTINI et al., 2003).

CAPETTINI et al. (2003) determinou herdabilidades para a resistência à *G. zeae* em cevada entre 0,48 e 0,76, indicando possibilidades de ganhos genéticos para esta característica, por meio principalmente de segregação transgressiva em programas de melhoramento genético. Entretanto, o mesmo autor destacou que devido a sempre presente

alta interação genótipo ambiente, a seleção de genótipos resistentes à giberela representa grande desafio.

2.6 MICOTOXINAS PRODUZIDAS A PARTIR DE *Gibberella zeae* NA RAÇÃO ANIMAL

O primeiro tópico a ser abordado com relação a micotoxinas em rações para animais é a questão da visualização de fungos na ração. HAMILTON (1978) E WYATT (1991) constataram que nem sempre rações com presença de fungos apresentam teores de micotoxinas e que nem sempre as rações sem presença de fungos são isentas de micotoxinas. A aparência da ração ou a presença de esporos de fungo não são bons indicadores de presença de micotoxinas nas rações. Esta constatação advém do fato que fungos se desenvolvem e eventualmente produzem micotoxinas a partir da lavoura ou na armazenagem das matérias primas das rações, que vão resultar em um produto final contaminado. Desta forma rações podem ter uma ótima “aparência”, mas podem estar contaminadas com micotoxinas produzidas antes da colheita. Por um outro lado, condições não adequadas de armazenagem das rações podem favorecer o desenvolvimento de fungos, mas esta condição específica não é necessariamente boa para a formação de micotoxinas. A resposta à algumas micotoxinas em animais tendem a ser subagudas ou crônicas e, os sinais clínicos, sutis e vagos (LAWLOR e LYNCH, 2001). A maneira mais apropriada de detectar a presença de micotoxinas nas rações é por meio da observação dos sinais clínicos nos animais ou por envio de amostras a laboratórios para a detecção de micotoxinas específicas associadas aos sinais clínicos observados.

MIROCHA et al. (1976) determinando a ocorrência de micotoxinas em lotes de rações misturadas e rações de milho, constataram que as micotoxinas ZEA e DON foram detectadas juntas em todas as amostras analisadas. As micotoxinas ZEA e DON causam grandes preocupações principalmente para os suinocultores, pois estes animais são muito sensíveis as diferentes micotoxinas produzidas a partir de *G. zeae*. Os principais sinais clínicos de intoxicação por ZEA e DON em suínos, segundo diferentes autores, estão na Tabela 3. Na pesquisa de MIROCHA et al. (1976), combinações de concentrações de 1,8 ppm de DON com 250 ppb de ZEA, de 1,0 ppm de DON com 175 ppb de ZEA, de 0,1 ppm de DON com 1750 ppb de ZEA, em rações para suínos causaram rejeição de produto. Já a combinação de 0,04-0,06 ppm de DON com 3600 ppb de ZEA causou além da rejeição de produto diarreia de sangue em suínos. YOUNG et al. (1990) determinou que matrizes suínas alimentadas

com rações contendo 10.000 ppb de ZEA tiveram aumento no intervalo da desmama até a nova cobertura. Esse mesmo ensaio também evidenciou o aumento de matrizes sem prenhes, diminuição no tamanho da leitegada e aumento da mortalidade de embriões com o aumento dos teores de ZEA nas rações. COULOMBE (1993) também relatou que a zearalenona causa hiperestrogenismo em suínos, sendo estes mais sensíveis que bovinos, aves e animais de laboratório. Em outra pesquisa publicada por PARRY et al. (1995), citou-se que matrizes suínas jovens, quando alimentadas com grãos contendo *Fusarium graminearum* e *Fusarium culmorum*, provocaram prolapso vaginal e vulvovaginite devido a micotoxina zearalenona. De acordo com REID et al. (1996) zearalenona causa a síndrome estrogênica em suínos, bem como infertilidade nos machos, tamanho reduzido da leitegada, recusa de ração e hemorragia.

Já a toxina DON causa em suínos recusa de ração, por meio de ação no sistema nervoso central, inibindo o apetite, provocando vômitos e conseqüentemente afetando a performance dos animais (DIEKMAN e GREEN, 1992). WILLIAMS et al. (1988) testando teores de DON de 0 a 14 ppm em rações para suínos em fase de terminação, apresentaram uma tendência de redução de consumo de 6% a cada ppm de ingerido. MILLER (1995) relatou que as aves são mais tolerantes à DON em relação aos suínos, podendo entretanto sofrer redução na qualidade dos ovos e no ganho de peso. O mesmo autor afirma que os bovinos toleram bem esta micotoxina, no entanto tem-se observado casos de redução de ingestão alimentar e na natalidade. LAWLOR e LYNCH (2001) constataram que suínos em fase de terminação alimentados com rações contendo 14 ppm de DON apresentaram vômitos, perturbações abdominais e dentes rangendo em 10 a 20 minutos após a ingestão.

TABELA 3 - Principais sinais clínicos de intoxicação por ZEA e DON observados em suínos

Micotoxinas	Sinais clínicos
Zearalenona:	<ul style="list-style-type: none"> • deformação do útero das leitoas; • interfere na ovulação, concepção, implantação e desenvolvimento fetal; • aumento na incidência de abortos; • baixa viabilidade de recém nascidos; • vulvovaginite; • prolapso da vagina e do reto; • redução das ninhadas; • redução do tamanho dos animais; • atrofia dos testículos e inflamação das mamas em leitões; • infertilidade em machos adultos. • “splay-leg”- pernas traseiras abertas; • recusa de ração e hemorragia.
DON:	<ul style="list-style-type: none"> • vômitos; • rejeição do produto contaminado; • inibidor de consumo de ração e de crescimento; • baixo ganho de peso; • redução da fertilidade de matrizes: • leitões com diarreia e enterite; • mortalidade de leitões em amamentação; • comprometimento do sistema imunológico.

Fonte: WILLIAMS et al., 1988; YOUNG et al., 1990; DIEKMAN e GREEN, 1992; COULOMBE, 1993; PARRY et al., 1995; MILLER, 1995; REID et al., 1996; SCUSSEL, 1998; LAWLOR e LYNCH, 2001.

2.7 DOENÇAS PROVOCADAS POR MICOTOXINAS PRODUZIDAS A PARTIR DE *Gibberella zeae* AOS HUMANOS

Em humanos a doença mais conhecida causada pela ingestão de micotoxinas é a aleuquia tóxica alimentar – ATA (WANNEMACHER e WIENER, 1997; SCUSSEL, 1998; BOTTALICO, 1998). Esta doença ocorreu na Rússia em 1913 e 1944 pelo consumo de grãos de milho, trigo e cevada contaminados e mais recentemente na China pelo consumo de arroz contaminado. Esta doença causa leucopenia (diminuição dos glóbulos brancos), hemorragia da gengiva, nariz e garganta, agranulocitose (diminuição das granulações no citoplasma das células), apresentando alta mortalidade. SCUSSEL (1998) relatou que espécies de *Fusarium* spp., principalmente *F. sporotrichiella* var. *sporotrichoides* produzem as micotoxinas responsáveis por esta doença, dentre elas do grupo dos tricotecenos (toxina T-2, HT e neosolaniol) e zearalenona. O consumo de trigo e cevada com a “doença do fungo vermelho”, onde *F. nivale* foi isolado a partir de grãos contaminados com nivalenol, DON e fusarenona-X causou intoxicações em humanos no Japão (WANNEMACHER e WIENER, 1997).

Um uso não convencional das micotoxinas, principalmente do grupo dos tricotecenos, é na confecção de armas biológicas. WANNEMACHER e WIENER (1997) fizeram um amplo relato a respeito deste tipo de uso. Uso real de armas químicas, confeccionadas a partir de micotoxinas do grupo dos tricotecenos, foi comprovado por meio de levantamentos epidemiológicos e de inteligência realizados no sudeste asiático e Afeganistão. No sudeste asiático, os ataques da chamada “Chuva amarela”, referente a coloração de poeira ou neblina formada, foram realizados com aviões e helicópteros, na forma de pulverização, bombas e foguetes ar-terra. Níveis elevados de uma mistura naturalmente rara de tricotecenos foram recuperadas a partir de supercúe de plantas, de fragmentos de plásticos e de pedras localizadas nas áreas atacadas, bem como foram detectadas no sangue de sobreviventes e em tecidos dos mortos. Os sintomas em humanos incluem vômitos, dor, fraqueza, tontura, ataxia, anorexia, diarreia, sangramento, avermelhamento da pele, formação de bolhas na pele, irritação da pele e olhos, gangrena, bem como morte dentro de minutos ou horas. Na Tabela 4 são apresentadas micotoxinas dos tricotecenos que são tóxicas aos humanos, inclusive a DON, com respectiva toxicidade aguda para diferentes mamíferos testados. Por meio de fermentação de substrato sólido, pode-se obter aproximadamente 9 g da toxina T-2 por quilo de substrato, rendendo 2 a 3 g de produto cristalino. A única maneira de se proteger contra ataques é com o uso de máscara e roupa protetiva que evita contato com essa micotoxina. Ataques que foram letais ocorreram contra soldados e população civil que não estavam usando proteção.

TABELA 4 - Toxicidade parenteral aguda relativa, em dose letal a 50 % da população exposta - LD₅₀, dos tricotecenos mais frequentes

Tricotecenos	Mamíferos testados			
	Camundongo	Rato	Coelho	Suíno
	LD ₅₀ (mg kg ⁻¹)			
Toxina T-2	5,2 (IV) †	0,9 (IV)	1,0 (IM)	1,2 (IV)
Toxina HT-2	9,0 (IP)	-	-	-
Diacetoxiscirpenol	12,0 (IV)	1,3 (IV)	1,0 (IV)	0,38 (IV)
Nivalenol	6,3 (IV)	-	-	-
DON	43 (SC)	-	-	-
Verrucarina A	1,5 (IV)	0,8 (IV)	0,54 (IV)	-
Roridina A	1,0 (IV)	-	-	-
Satratoxina H	1,0 (IP)	-	-	-

† Rotas de administração das micotoxinas: IV=intravenoso; IM=intramuscular; SC=subcutâneo; IP=intraperitoneal.
Fonte: Compilado por WANNEMACHER e WIENER (1997).

ZEA isoladamente também causa efeitos em humanos, alterando a idade em que as crianças atingem a puberdade. BOTTALICO (1998) relatou casos ocorridos na Hungria onde ZEA foi encontrado em alimentos a base de grãos e no sangue de jovens consumidoras com desenvolvimento precoce de seios.

CAPÍTULO I

ROTAÇÃO E SUCESSÃO DE CULTURAS E TEORES DE MICOTOXINAS NOS GRÃOS

1 INTRODUÇÃO

Existe pouca informação disponível de experimentos de rotação e sucessão de culturas de longa duração que relatem os possíveis benefícios de utilizar culturas com menor potencial epidêmico para a giberela. AHMED et al. (2002), utilizando culturas não hospedeiras como canola e ervilha em rotação, concluíram que resultados de somente um ano, não foram suficientes para afirmar que esta prática é efetiva para o controle da giberela. A hipótese específica deste capítulo foi que se a quantidade da palha do milho em plantio direto for diminuída, via sistema rotação e sucessão de culturas, com utilização de cultivos com menor potencial epidemiológico, então diminuirá a ocorrência de giberela e a quantidade das micotoxinas DON e ZEA produzidas nas culturas de verão (milho) e de inverno (cevada e trigo). Para tanto o objetivo foi verificar o efeito do aumento da participação de milho na rotação e sucessão de culturas em sistema de plantio direto sobre a ocorrência de giberela e suas micotoxinas DON e ZEA nos grãos produzidos nas culturas de verão (milho) e de inverno (cevada e trigo) na região de Guarapuava, PR.

2 METODOLOGIA

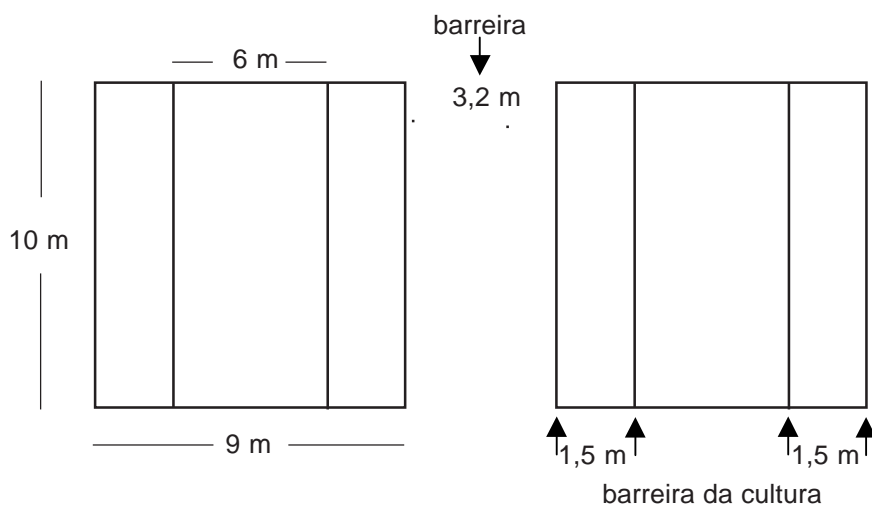
O experimento incluindo sistemas de rotação e sucessão de cultivo de cereais foi conduzido em área da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA, no município de Guarapuava, PR, por quatro anos, em solo classificado como Latossolo Bruno Alumínico típico, textura argilosa, fase campo subtropical (EMBRAPA, 1999), localizada a 25° 33' S e 51° 29' W, com 1.105 metros de altitude. O clima segundo Köppen, é classificado como temperado do tipo Cfb, sendo a temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e no mês mais quente abaixo de 22 °C, sem estação seca definida, ocorrendo geadas frequentes no inverno com uma média de 200 horas de frio e temperaturas mínimas inferiores a 7 °C no período de maio a agosto. A precipitação média anual varia de 1400 a 1800 mm e, nos meses mais secos (abril e maio), de 75 a 100 mm. A umidade relativa é de 80 a 85% e a insolação de aproximadamente 1.800 horas luz (JASTER et al., 1993).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições, com os tratamentos formados a partir do arranjo fatorial entre os efeitos ano (ou safra) e sistema de rotação e sucessão. O número de níveis dos fatores ano e sistemas foi variável de acordo com a cultura e variável testadas. O início do experimento ocorreu em maio de 2000, respeitando as épocas de semeadura mais adequadas, de acordo com as indicações tecnológicas de cada cultura. A área experimental foi cultivada, anteriormente, com cevada, trigo, aveia branca e nabo no inverno e soja e milho no verão, sendo que o ensaio foi semeado em palhada de milho, com exceção da testemunha Sistema I - (0% milho), onde foi retirada a palhada deste cereal. O “fator ano” foi composto pelos invernos 2000, 2001, 2002 e 2003, para as culturas de inverno, e pelos verões 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003 e 2003/2004 para as culturas de verão. Já o “fator sistema” foi composto por sistemas de rotação e sucessão com diferentes participações da cultura de milho (Tabela 5): sistema I (0% milho); sistema II (25% milho, com cevada após milho); sistema III (33% milho, com cevada após milho); sistema IV (50% milho, com cevada após milho); sistema V (100% milho após cevada); sistema VI (100% milho após nabo) e sistema VII (50% milho e monocultura com nabo no inverno). Este conjunto de sete sistemas de rotação perfizeram 13 tratamentos com três blocos (Figura 2). Cada bloco foi instalado em área uniforme. Entretanto os três blocos foram instalados em área não contígua, mas no mesmo talhão com o mesmo histórico de rotação e sucessão de culturas e manejo. As parcelas foram constituídas por 9 m de frente (três passadas de semeadeira SEMEATO SHM) por 10 m de comprimento, perfazendo 90 m². A área útil colhida foi variável entre as culturas, perfazendo em torno de 6 m de frente por 10 m de comprimento, ficando 1,5 m em cada lado como “barreira da cultura”. O espaçamento entre as parcelas foi de 3,2 m onde foi semeada uma barreira com o objetivo de isolar os sistemas (Figura 1). No inverno a barreira foi o nabo forrageiro, que foi semeado no início de maio, antes da semeadura das culturas do inverno. Já a barreira semeada no verão foi a soja, em pré-semeadura às culturas de verão. A largura do corredor interno, bem como os corredores da frente, do fundo e da lateral do bloco, foi de 8 m, possibilitando desta maneira a manobra de maquinário, bem como a semeadura da barreira física. As barreiras, tanto entre parcelas, bem como dos corredores foram colhidas sendo a palhada retirada para não influir nos sistemas. Levando em consideração as barreiras do corredor interno, de frente, de fundo e das laterais, cada bloco teve 110,4 m de frente por 44 m de comprimento lateral, perfazendo um total de 4.488 m²/bloco. A área total dos três blocos foi de 14.574 m². Durante a condução dos experimentos todas as operações foram realizadas com maquinário comercial procurando simular ao máximo as condições dos agricultores em lavouras comerciais.

TABELA 5 - Sistemas de produção de cereais, com diferentes percentagens da participação do milho

Sistemas produção	Safrá									
	V 99/2000	I 2000	V 2000/2001	I 2001	V 2001/2002	I 2002	V 2002/2003	I 2003	V 2003/2004	
Sistema I (0% milho)	1 - milho/sem palhacevada		soja†	cevada	soja	cevada	soja	cevada	soja	
Sistema II (25% milho)	2 - milho	cevada	soja	trigo	soja	aveia branca	soja	nabo	milho†	
Milho → cevada	3 - milho	nabo	milho	cevada	soja	trigo	soja	aveia branca	soja	
	4 - milho	aveia branca	soja	nabo	milho	cevada	soja	trigo	soja	
	5 - milho	trigo	soja	aveia branca	soja	nabo	milho	cevada	soja	
Sistema III (33% milho)	6 - milho	cevada	soja	trigo	soja	nabo	milho†	cevada	soja	
Milho → cevada	7 - milho	nabo	milho	cevada	soja	trigo	soja	nabo	milho	
	8 - milho	trigo	soja	nabo	milho	cevada	soja	trigo	soja	
Sistema IV (50 % milho)	9 - milho	cevada	soja	nabo	milho†	cevada	soja	nabo	milho	
Milho → cevada	10 - milho	nabo	milho	cevada	soja	nabo	milho	cevada	soja	
Sistema V (100% milho)	11 - milho	cevada	milho †	cevada	milho	cevada	milho	cevada	milho	
	12 - milho	nabo	milho	nabo	milho	nabo	milho	nabo	milho	
	13 - milho	nabo	milho	nabo	soja†	nabo	milho	nabo	soja	
Sistema VI (rotação verão Monoc inverno)										

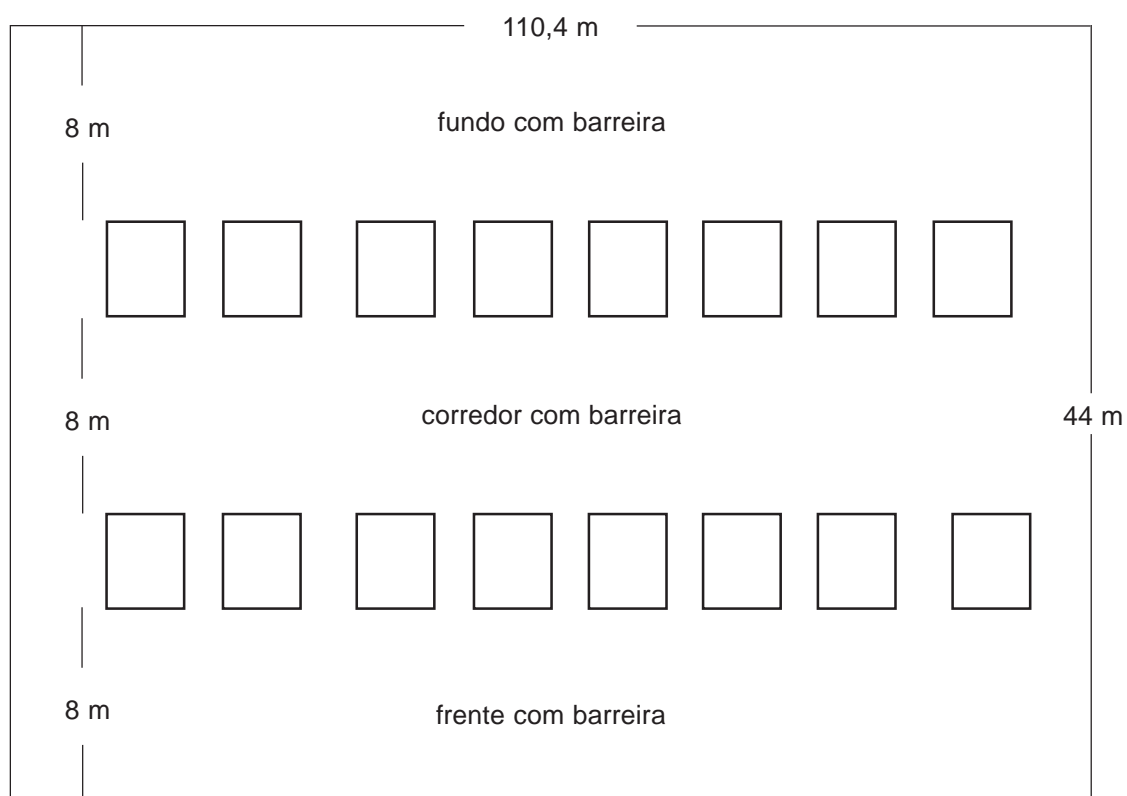
† Fim de um ciclo de rotação.



Área total da parcela = 90 m²

Área útil da parcela = 60 m²

FIGURA 1 - Desenho esquemático das parcelas do ensaio de sistemas de produção de cereais.



Área total do bloco = 4.858 m²

FIGURA 2 - Desenho esquemático do bloco experimental do ensaio de sistemas de produção de cereais.

2.1 CEREAIS DE INVERNO

As datas e densidades de semeadura, adubação de base e de cobertura das culturas de inverno do Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas no conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, nos invernos de 2000 a 2003, são mostradas na Tabela 5. Nas quatro safras de inverno foram utilizadas as mesmas cultivares de cevada (EMBRAPA 128), de aveia branca (UFRGS 19) e de trigo (BRS 49). Para cobertura pré-milho foi utilizado o nabo forrageiro comum.

TABELA 6 - Data e densidade de semeadura, adubação de base e de cobertura das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003

Safra	Data de semeadura	Densidade de semeadura	Adubação de base	Adubação de cobertura (uréia)
Inverno 2000	† NB - 09/05/00	NB - 22 kg ha ⁻¹	Em todas culturas: 16 kg ha ⁻¹ de N (uréia) 60 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ (super triplo) 66 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (K Cl)	CV - 30 kg de N ha ⁻¹ AV - 30 kg de N ha ⁻¹ TR - 40 Kg de N ha ⁻¹
	CV - 09/06/00	CV - s/palha - 230 sementes aptas m ⁻²		
	AV - 14/06/00	CV - c/palha - 274 sementes aptas m ⁻²		
	TR - 29/06/00	AV - c/palha - 316 sementes aptas m ⁻²		
		TR - c/palha - 343 sementes aptas m ⁻²		
Inverno 2001	NB - 25/05/01	NB - 11 kg ha ⁻¹	Nas culturas CV, AV e TR: 146 kg ha ⁻¹ 08-30-20 Nabo sem adubação base	Após-milho - CV - 30 kg de N ha ⁻¹ Após-soja - CV - 20 kg de N ha ⁻¹ Após-soja - AV - 30 kg de N ha ⁻¹ Após-soja - TR - 40 kg de N ha ⁻¹
	CV - 04/06/01	CV - c/palha/milho - 297 sementes aptas m ⁻²		
	AV - 16/06/01	CV - c/palha/soja - 244 sementes aptas m ⁻²		
	TR - 05/07/01	AV - c/palha/soja - 293 sementes aptas m ⁻²		
		TR - c/palha/soja - 297 sementes aptas m ⁻²		
Inverno 2002	NB - 28/05/02	NB - 13 kg ha ⁻¹	Nas culturas CV, AV e TR: 16 kg ha ⁻¹ de N (uréia) 130 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ (super triplo) 60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (K Cl) Nabo sem adubação base	Após-s/palha-CV - 20 kg de N ha ⁻¹ Após-milho - CV - 30 kg de N ha ⁻¹ Após-soja - CV - 20 kg de N ha ⁻¹ Após-soja - AV - 30 kg de N ha ⁻¹ Após-soja - TR - 40 kg de N ha ⁻¹
	CV - 21/06/02	CV - c/palha/milho - 280 sementes aptas m ⁻²		
	AV - 28/06/02	CV - c/palha/soja - 260 sementes aptas m ⁻²		
	TR - 11/07/02	AV - c/palha/soja - 275 sementes aptas m ⁻²		
		TR - c/palha/soja - 289 sementes aptas m ⁻²		
Inverno 2003	NB - 20/05/03	NB - palha/milho - 13 kg ha ⁻¹	Nas culturas CV e AV: 150 kg ha ⁻¹ 08-30-20 No TR 146 kg ha ⁻¹ 08-30-20 Nabo sem adubação base	Após-soja - CV - 20 kg de N ha ⁻¹ Após-milho - CV - 30 kg de N ha ⁻¹ Após-soja - AV - 30 kg de N ha ⁻¹ Após-soja - TR - 30 kg de N ha ⁻¹
	CV - 16/06/03	CV - c/palha/milho - 287 sementes aptas m ⁻²		
	AV - 30/06/03	CV - c/palha/soja - 250 sementes aptas m ⁻²		
	TR - 22/07/03	AV - c/palha/soja - 294 sementes aptas m ⁻²		
		TR - c/palha/soja - 272 sementes aptas m ⁻²		

† NB = nabo; CV = cevada; AV = aveia; TR = trigo.

Na Tabela 7 são mostradas a patologia e o tratamento de semente nas culturas de inverno realizadas durante as quatro safras de inverno.

TABELA 7 - Patologia e tratamento de semente das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003

Safra	Patologia semente (%)			Tratamento semente
	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Drechslera</i> sp.	<i>Bipolaris</i> sp.	
Inverno 2000	CV - 73	CV - 1	CV - 5	Triadimenol (30 g i.a. 100 kg ⁻¹)
	TR - 50	TR - 1	TR - 4	Iprodione (20 g i.a ha ⁻¹)
Inverno 2001	CV - 02	CV - 27	CV - 49	Triadimenol (30 g i.a. 100 kg ⁻¹)
	AV - 47	AV - 2	AV - 12	Iprodione (20 g i.a ha ⁻¹)
	TR - 05	TR - 2	TR - 10	
Inverno 2002	CV - 17	CV - 1	CV - 23	CV e TR
	AV - 17	AV - 36	AV - 3	Triadimenol (37,5 g i.a. 100 kg ⁻¹)
	TR - 1	TR - 3	TR - 2	Iprodione (40 g i.a ha ⁻¹) Imidacloprid (2,4 g i.a. 100 kg ⁻¹) AV Imidacloprid (3 g i.a. 100 kg ⁻¹) Difenoconazole (30 g i.a. 100 kg ⁻¹)
Inverno 2003	CV - 1	CV - 2	CV - 1	CV
	AV - 0	AV - 3	AV - 0	Triadimenol (30 g i.a. 100 kg ⁻¹)
	TR - 1	TR - 1	TR - 0	Iprodione (65 g i.a ha ⁻¹) Imidacloprid (3 g i.a. 100 kg ⁻¹) TR Triadimenol (30 g i.a. 100 kg ⁻¹) Iprodione (40 g i.a. 100 kg ⁻¹) Imidacloprid (3 g i.a. 100 kg ⁻¹) AV Imidacloprid (3 g i.a. 100 kg ⁻¹) Difenoconazole (30 g i.a. 100 kg ⁻¹)

As pulverizações com dessecantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas estão na Tabela 8. É importante destacar que evitou-se aplicar fungicidas entre o período de final de emorrachamento até o enchimento dos grãos de cada cultura, com o propósito de favorecer a infecção das espiguetas pelo patógeno.

Também foram realizadas todas as observações usuais de condução de experimentos, tais como: data de semeadura, data de emergência, data de espigamento, estatura de plantas, data de maturação e colheita e nota de acamamento. Ainda à nível de campo, foi realizada a incidência de espigas gibereladas, a partir da coleta de 100 espigas

TABELA 8 - Aplicações de inseticidas e fungicidas das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003

Safr	Aplicação dessecante	Aplicação herbicida	Aplicação inseticida	Aplicações de Fungicida	
				1ª	2ª
Inverno 2000	Glifosate potássico 1,550 g i.a ha ⁻¹	Metsulfurom metílico (2,4 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Triflumurom (15 g i.a ha ⁻¹)	Tebuconazole (150 g i.a ha ⁻¹)	-
Inverno 2001	Paraquat 600 g i.a ha ⁻¹ Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Metsulfurom metílico (2,4 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Diflubenzurom (g i.a ha ⁻¹) Pirimicarb (75 g i.a ha ⁻¹)	Tebuconazole (150 g i.a ha ⁻¹)	Tebuconazole (150 g i.a ha ⁻¹)
Inverno 2002	Glifosato 720 g i.a ha ⁻¹ Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Metsulfurom metílico (2,4 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Alfacipermetrina(10 g i.a ha ⁻¹) Triflumurom (15 g i.a ha ⁻¹) Tebuconazole (150 g i.a ha ⁻¹)	Tebuconazole (150 g i.a ha ⁻¹)	Tebuconazole (150 g i.a ha ⁻¹)
Inverno 2003	Glifosato 1396 g i.a ha ⁻¹ Bentazona 300 g i.a ha ⁻¹)	Metsulfurom metílico (2,4 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Triflumurom (15 g i.a ha ⁻¹) Clorpirifós (240 g i.a ha ⁻¹) Epoxiconazol (25 g i.a ha ⁻¹)	Piraclostrobina (66,5 g i.a ha ⁻¹)	Tebuconazole (150 g i.a ha ⁻¹)

verdes de cevada, trigo e aveia. A incidência é obtida pelo percentual de espigas com sintomas de coloração esbranquiçada ou cor de palha, o que contrasta com o verde normal de espiguetas sadias. Após a colheita, foram determinados o rendimento de grãos, percentual de grãos colhidos giberelados-(cevada, trigo e aveia) e a patologia dos grãos. O percentual de grãos colhidos giberelados, foi determinado adaptando-se o método de “espigas secas” proposto por LIMA (2002), a partir da coleta de 100 espigas secas por parcela. As espigas foram trilhadas em conjunto em trilhadora elétrica estacionária. A entrada de ar na máquina foi reduzida, visando a retenção dos grãos leves giberelados. Após limpeza manual com sopro para retirada da palha remanescente, foi realizada a contagem total dos grãos. Em seguida foram separados e contados os grãos giberelados que apresentavam tonalidade rósea e/ou esbranquiçada, mais leves com aparência “chocha” para obtenção de um percentual de grãos colhidos giberelados médio por parcela.

Um detalhe importante neste ensaio foi a colheita das parcelas, principalmente de cereais de inverno. Não obstante a condução do experimento tenha sido o mais próxima possível da realidade do agricultor, a colheita foi realizada de uma maneira diferenciada. Procurou-se diminuir ao máximo a passagem de ar da trilhadora de parcelas para que os grãos giberelados passassem pelas peneiras e se incorporassem à massa de grãos, mesmo com a obtenção de uma amostra com maior volume de impurezas. Outra importante tarefa desenvolvida foi o recolhimento de toda a palha que saía do picador da trilhadora e posterior reposição na parcela de origem. Tomou-se também cuidado quando da passagem desta massa de grãos pela máquina de limpeza de parcelas, também com o propósito de não eliminar os grãos leves que estavam possivelmente giberelados. O peso e a determinação da umidade dos grãos de cada parcela ocorreram logo após a limpeza acima descrita. Antes da realização das outras determinações fez-se a secagem dos grãos até a umidade em torno de 13,5%.

2.2 CULTURA DO MILHO

As datas e densidades de semeadura, adubação de base e de cobertura da cultura do milho do Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas no 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, verão 2000-2001 a verão 2003-2004, estão na Tabela 9. Durante as quatro safras de verão foram utilizados os mesmos híbridos de milho, sendo que o XL 214 foi semeado na primeira época nos sistemas pós nabo forrageiro e que o P 30F33 foi semeado na segunda época no sistema V (100% milho após cevada).

Na Tabela 10 estão a patologia e tratamento de semente da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas realizadas durante as quatro safras de verão. As pulverizações de dessecante, herbicidas e inseticidas da cultura do milho estão na Tabela 11.

2.3 CULTURA DA SOJA

Data e densidade de semeadura, adubação de base e tratamento de semente da cultura da soja verão 2000-2001 a verão 2003-2004, estão na Tabela 12. Durante as quatro safras de verão foram utilizados a mesma cultivar de soja BRS 154. As pulverizações de dessecantes, herbicida, inseticidas e fungicida na cultura da soja estão na Tabela 13.

Ainda à nível de campo, foi realizada a determinação de incidência de plantas de soja com sintomas de mofo branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum*, podridão vermelha da raiz, causada por *Fusarium solani* e podridão parda da haste (PPH) causada por *Phialophora gregata*. Foram coletadas quatro amostras contendo um metro linear de plantas de soja por parcela, no estádio R-7, quando estavam no início da maturação fisiológica. Estas quatro amostras foram retiradas da terceira linha, um metro para dentro, a partir das quatro extremidades de cada parcela. Determinou-se o número de plantas amostradas por metro linear. Na seqüência, as plantas foram avaliadas por doença, sendo elas mofo branco (presença de hifas brancas no colo e na haste da planta), podridão vermelha da raiz (raiz principal com tonalidade vermelha e raízes secundárias decompostas, com possível presença de conídios de *Fusarium solani*) e por último podridão parda da haste (após corte em bisel do colo e da raiz principal, visualizou-se a presença de mancha cor de café com leite nos vasos do xilema), separadas em dois grupos de intensidade - sintoma forte (PPHForte) e sintoma fraco (PPHFraco). Todas as plantas avaliadas retornaram para a parcela de origem.

TABELA 9 - Data e densidade de semeadura, adubação de base e de cobertura da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004

Safra	Data de semeadura	Densidade de semeadura	Adubação de base		Adubação de cobertura
Verão 2000 - 2001	1ª Época: 29/09/00	1ª Época: 60000 população ha ⁻¹	1ª Época: 312 Kg ha ⁻¹	08-30-20+Zn	2 aplicações de 75 Kg de N ha ⁻¹ na 1ª e 2ª Época
	2ª Época: 27/11/00	2ª Época: 55000 população ha ⁻¹	2ª Época: 319 Kg ha ⁻¹	08-30-20+Zn	
Verão 2001 - 2002	1ª Época: 10/10/01	1ª Época: 59925 população ha ⁻¹	1ª Época: 322 Kg ha ⁻¹	10-20-20+Zn	2 aplicações de 75 Kg de N ha ⁻¹ na 1ª e 2ª Época
	2ª Época: 05/11/01	2ª Época: 60000 população ha ⁻¹	2ª Época: 317 Kg ha ⁻¹	10-20-20+Zn	
Verão 2002 - 2003	1ª Época: 18/10/02	1ª Época: 60000 população ha ⁻¹			2 aplicações de 75 Kg de N ha ⁻¹ na 1ª e 2ª Época
	2ª Época: 27/11/02	2ª Época: 60000 população ha ⁻¹	1ª e 2ª Época: 322 Kg ha ⁻¹	10-20-20+Zn	
Verão 2003 - 2004	1ª Época: 07/10/03	1ª Época: 60000 população ha ⁻¹			2 aplicações de 78 Kg de N ha ⁻¹ na 1ª e 2ª Época
	2ª Época: 10/11/03	2ª Época: 60000 população ha ⁻¹	1ª e 2ª Época: 380 Kg ha ⁻¹	10-20-20+Zn	

TABELA 10 - Patologia e tratamento de semente da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004

Safra	Patologia semente (%)						Tratamento semente
	Épocas e Híbridos	<i>F. monniliiforme</i>	<i>Diplodia</i>	<i>Cephalosporium</i>	<i>Penicillium</i>		
Verão 2000-2001	1ª Época: Milho XL 214	34	3	1	3		Tiodicarbe (600 g i.a. 100 kg ⁻¹)
	2ª Época: Milho P 30F33	7	0	0	1		
Verão 2001-2002	1ª Época: Milho XL 214	48	-	-	-		Tiodicarbe (600 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (12 g i.a. 100 kg ⁻¹) Tolylfluanid (200 g i.a. 100 kg ⁻¹)
	2ª Época: Milho P 30F33	3					Tiodicarbe (600 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (12 g i.a. 100 kg ⁻¹) Tolylfluanid (200 g i.a. 100 kg ⁻¹) Iprodione (569 g i.a. 100 kg ⁻¹)
Verão 2002 - 2003	1ª Época: Milho XL 214	34	3	1	3		Tiodicarbe (120 g i.a. 100 kg ⁻¹) Iprodione (114 g i.a. 100 kg ⁻¹) Tolylfluanid (44 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (2,4 g i.a. 100 kg ⁻¹)
	2ª Época: Milho P 30F33	7	0	0	1		
Verão 2003 - 2004	1ª Época: Milho XL 214	7	0	20	0		
	2ª Época: Milho P 30F33	26	0	0	1		

TABELA 11 - Aplicações de dessecante, herbicidas e inseticidas da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004

Safra	Aplicação dessecante	Aplicação herbicida	Aplicação inseticida
Verão 2000-2001	Paraquat (400 g i.a ha ⁻¹)	1ª Época: Atrazine (3000 g i.a ha ⁻¹) Nicosulfuron (12 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (378 g i.a ha ⁻¹) 2ª Época: Nicosulfuron (20 g i.a ha ⁻¹) Óleo Mineral (378 g i.a ha ⁻¹)	Lambacyhalotrin (7,5 g i.a ha ⁻¹) Clorpirifós (144 g i.a ha ⁻¹) Triflumurom (280 g i.a ha ⁻¹)
Verão 2001-2002	Glifosato (1667 g i.a ha ⁻¹)	Nicosulfuron (8 g i.a ha ⁻¹) Atrazina (2640 g i.a ha ⁻¹)	Lufenuron (5 g i.a ha ⁻¹) Triflumurom (400 g i.a ha ⁻¹) Triflumurom (400 g i.a ha ⁻¹)
Verão 2002-2003	Glifosato (432 g i.a ha ⁻¹)	Atrazina (1760 g i.a ha ⁻¹) Nicosulfuron (12 g i.a ha ⁻¹) Óleo Mineral (378 g i.a ha ⁻¹)	Carbofuran (2000 g i.a ha ⁻¹) Lambacyhalotrin (7,5 g i.a ha ⁻¹)
Verão 2003-2004	Glifosato (1620 g i.a ha ⁻¹)	1ª Época: Atrazina (3080 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (378 g i.a ha ⁻¹) 2ª Época: Atrazina (3080 g i.a ha ⁻¹) Nicosulfuron (12 g i.a ha ⁻¹)	Lambacyhalotrin (7,5 g i.a ha ⁻¹)

TABELA 12 - Data e densidade de semeadura, adubação de base e tratamento de semente da cultura do soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004

Safr	Data de semeadura	Densidade de semeadura	Adubação de base	Tratamento semente
Verão 2000-2001	08/12/2000	375000 plantas aptas ha ⁻¹	115 Kg/ha 00-25-25	Tolyfluanid (200 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (9 g i.a. 100 kg ⁻¹)
Verão 2001-2002	03/12/2001	400000 plantas aptas ha ⁻¹	110 Kg/ha 00-25-25	Tolyfluanid (200 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (12 g i.a. 100 kg ⁻¹)
Verão 2002-2003	09/12/2002	475000 plantas aptas ha ⁻¹	116 Kg/ha 00-25-25	Tolyfluanid (160 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (15 g i.a. 100 kg ⁻¹) Fipronil (50 g i.a. 100 kg ⁻¹)
Verão 2003-2004	04/12/2003	475000 plantas aptas ha ⁻¹	120 Kg/ha 00-25-25	Tolyfluanid (200 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (12 g i.a. 100 kg ⁻¹) Fipronil (50 g i.a. 100 kg ⁻¹)

TABELA 13 - Aplicações de dessecantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas na cultura da soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004

Safr	Aplicação dessecante	Aplicação herbicida	Aplicação inseticida	Aplicações de Fungicida	
				1ª	2ª
Verão 2000-2001	Glifosato (900 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (378 g i.a ha ⁻¹) Flumioxazin (174 g i.a ha ⁻¹)	1ª aplicação Cletodim (84 g i.a ha ⁻¹) Cloransulam (43 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (454 g i.a ha ⁻¹)	1ª aplicação Diflubenfuron (120 g i.a. g i.a. ha ⁻¹) 2ª aplicação Diflubenfuron (240 g i.a. ha ⁻¹)	-	-
Verão 2001-2002	Glifosato potássico 1240 g i.a ha ⁻¹) Dclosulam (50 g i.a ha ⁻¹) Flumioxazin (180 g i.a ha ⁻¹)	1ª aplicação Cletodim (84 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹) 2ª aplicação Imazetapir (100 g i.a ha ⁻¹)	1ª aplicação Fipronil (37,5 g i.a. ha ⁻¹) 2ª aplicação Diflubenfuron 80 g i.a. ha ⁻¹) 3ª aplicação Diflubenfuron (240 g i.a. ha ⁻¹)	Fluquinconazole (3200.a ha ⁻¹)	-
Verão 2002-2003	Glifosato potássico (1240 g i.a ha ⁻¹) Dclosulam (50 g i.a ha ⁻¹) Flumioxazin (120 g i.a ha ⁻¹)	1ª aplicação Tepaloxideim (100 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹) 2ª aplicação Cletodim (96 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹) 3ª aplicação Bentazona (360 g i.a ha ⁻¹) Lactofem (72 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Diflubenfuron (240 g i.a. ha ⁻¹)	Tebuconazole (60 g i.a. ha ⁻¹) Azoxistrobina (45 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral Parafínico (428 g i.a ha ⁻¹)	-
Verão 2003-2004	Glifosato (1296 g i.a ha ⁻¹)	1ª aplicação Cletodim (96 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (378 g i.a ha ⁻¹) 2ª aplicação Cletodim (108 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (378 g i.a ha ⁻¹) 3ª aplicação Bentazona (300 g i.a ha ⁻¹) Lactofem (72 g i.a ha ⁻¹)	1ª aplicação Baculoviros Caulinita (g i.a ha ⁻¹) 2ª aplicação Baculoviros Caulinita (g i.a ha ⁻¹)	Fluquinconazole (3200 g i.a ha ⁻¹)	Tebuconazole (80 g i.a ha ⁻¹) Azoxistrobina (50 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral Parafínico (428 g i.a ha ⁻¹)

2.4 DETECÇÃO MICOTOXINAS

Para a obtenção das amostras de grãos que foram encaminhadas ao Laboratório Físico-Químico da AGROMALTE para análise do teor das micotoxinas DON e ZEA nos grãos de cevada, trigo e aveia, procedeu-se da seguinte maneira: 1) o total de grãos colhidos em cada parcela passou três vezes pelo divisor de amostras com o objetivo de homogeneizar as mesmas. Ao término da homogeneização dos grãos de uma parcela, o divisor de amostras foi limpo com ar comprimido. Coletou-se 3 kg de grãos homogeneizados que representou a parcela inteira. Ainda a partir da massa de grãos original reservou-se 3 kg de grãos inteiros como amostra de segurança que foram armazenadas em freezer. 2) foram moídos 3 kg de grãos em moinho martelo “Moinho Tecnal modelo TE 090” com peneira de 0,5 mm. Ao término da moagem dos grãos de cada parcela, o moinho foi desmontado e limpo com pincel e pano limpo. A farinha foi homogeneizada e dela foram retirados 250 g, que foi a amostra de trabalho para análise de micotoxinas. Foram retiradas quatro alíquotas para a realização de quatro determinações de ZEA e quatro determinações de DON para cada parcela. Para o milho, homogeneizou-se a massa de grãos colhidos e coletou-se 3 kg que representou a parcela inteira. Ainda a partir da massa de grãos original reservou-se 3 kg de grãos inteiros como amostra de segurança que foi armazenada em freezer. Na sequência foram moídos os 3 kg em moinho de martelo com peneira de 7,0 mm (moagem grossa). Esta farinha grossa foi homogeneizada e moída novamente, desta vez em moinho martelo com peneira 0,5 mm (moagem fina). A farinha fina foi homogeneizada e foi retirada 250 g, que foi a amostra de trabalho para as análises de micotoxinas, que representou os grãos colhidos em uma parcela. Foram retiradas quatro alíquotas para a realização de quatro determinações de ZEA e quatro determinações de DON de cada parcela. As sobras das amostras de farinha foram armazenadas em freezer até o encerramento deste experimento.

Para a detecção da toxina DON foi utilizada a metodologia ELISA (Ensaio Imuno Enzimático) R-BIOPHARM, da empresa ALTECH. Segundo o manual do fabricante do kit, RIDASCREEN[®]FAST DON, a base do teste é a reação antígeno-anticorpo. Apresentando a determinação de uma maneira mais detalhada, a partir das 250 g da amostra de trabalho, foi pesada 25 g. Deixou-se o kit em temperatura ambiente (18° – 30°) por 20 minutos. A amostra foi colocada no liquidificador e foi adicionado 500 ml de água destilada e batido por 3 minutos. O extrato foi filtrado através de papel filtro Whatmann n° 1 e seu pH foi medido. A condição

ideal de pH para a ocorrência da reação é entre 6 e 7. Após a ordenação dos copos contendo extrato, abriu-se a embalagem de alumínio e retirou-se as cavidades a serem utilizadas. Marcou-se a posição dos padrões e das amostras nas cavidades e anotou-se a sequência em folha de papel. Pipetou-se 50 µl dos padrões 0, 0,222, 0,666, 2 e 6 ppm respectivamente, nas primeiras cinco cavidades. Pipetou-se 50 µl das amostras e adicionou-se nas demais cavidades. Na sequência pipetou-se 50 µl do Conjugado (conjugado DON-enzima) e 50 µl do Anticorpo (anticorpos anti-DON) em cada cavidade. Após homogeneização cuidadosa, as cavidades foram cobertas e incubadas à temperatura ambiente por cinco minutos. As cavidades foram esvaziadas e batidas 3 vezes contra uma superfície com papel absorvente para ter certeza de ter eliminado todo o líquido das cavidades. Após lavar as cavidades três vezes com água destilada, repetiu-se o procedimento de bater as cavidades contra o papel absorvente. Pipetou-se 100 µl do substrato cromógeno e adicionou-se em todas as cavidades. Após cuidadosa homogeneização, as cavidades foram cobertas e incubadas por três minutos à temperatura ambiente. Pipetou-se 100 µl da solução bloqueadora e homogeneizou-se. Em até 10 minutos o resultado foi lido na Leitora para microplacas ELISA (deve ter “zero” calibrado com ar) com filtro de 450 nm. Após o lançamento dos resultados no programa NEOGEN e comparação com a curva de inibição 50% e o coeficiente de correlação obtidos com os do certificado do kit, os dados foram digitados no sistema do laboratório.

A metodologia de detecção da toxina ZEA utilizada foi ELISA (Ensaio Imuno Enzimático) – “RIDASCREEN FAST ZEARALENONA”, da empresa ALTECH. O fundamento do teste é muito semelhante ao da detecção da DON, com algumas mudanças. Adicionou-se 100 ml de uma solução de Metanol a 70% em água destilada. Após agitação vigorosa por três minutos, filtrou-se o extrato através de um filtro Whatmann Nº. 1. O filtrado foi diluído 1:1 (1 ml do filtrado + 1 ml de água destilada). Foram utilizadas 50 ml deste filtrado diluído para a realização do teste. Outra diferença é a concentração da toxina ZEA dos padrões, sendo elas 0, 50, 100, 200 e 400 ppb. A leitura dos resultados teve que ser realizada em um tempo máximo de 30 minutos.

Realizaram-se quatro determinações por parcela e considerando que os dois conjuntos de sistemas (capítulos I e II) têm três repetições, foram necessárias 456 determinações de DON e de ZEA nas culturas de inverno e 336 determinações de DON e de ZEA na cultura do milho, desconsiderando os testes que foram repetidos.

2.5 PATOLOGIA DE SEMENTES

As amostras coletadas a partir dos grãos colhidos nas parcelas foram enviadas para o Laboratório Físico-Químico da AGROMALTE em um tempo variável de três até 12 meses após a colheita para a realização da análise de patologia de sementes. Para cada parcela foi separada uma quantidade de 150 sementes, que foram desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio 1% durante 2 minutos. A solução com as sementes foi despejada sobre uma peneira. As sementes da peneira foram lavadas com água esterilizada para retirar o excesso de hipoclorito e transferidas para um gerbox com papel esterilizado. Este procedimento foi realizado próximo à chama, abrindo e fechando o gerbox a cada transferência e utilizando álcool para molhar e flambar a pinça a cada troca de gerbox. Em uma câmara de fluxo com luz branca, ventilação ligada e bico de bunsen aceso e com as mãos esterilizadas, 25 sementes esterilizadas do gerbox foram transferidas para um outro gerbox contendo meio de cultura (BDA), distribuídos em linhas e colunas equidistantes. Para cada amostra foram montados quatro gerbox, perfazendo um total de 100 sementes por amostra. Os gerbox foram transferidos para sala de incubação, sem empilhar um gerbox sobre o outro, com temperatura entre 20 °C e 25 °C, onde permaneceram por um período de 8 dias. Após este período foi realizada a leitura da patologia, sendo observado semente por semente, identificando e quantificando as patógenos existentes.

Em milho também foi determinado o percentual de grãos ardidos. Segundo REIS et al. (2006), grãos ardidos são oriundos de espigas com podridões que contém grãos com sintomas de colonização de fungos. Ainda segundo os mesmos autores, os fungos mais frequentemente detectados em grãos ardidos são *F. verticillioides* (sin.= *F. moniliforme*), *F. graminearum*, *Fusarium* spp., *S. maydis*, *S. macrospora*. Outros patógenos como *Nigrospora* sp., *Cephalosporium* sp. e *Penicillium* sp. também podem estar envolvidos com a descoloração dos grãos. Para esta determinação foi coletada uma amostra de 250 g a partir dos grãos colhidos das parcelas. A partir desta amostra foram retirados manualmente os grãos mofados que apresentavam coloração diferente da normal. A partir do peso destes grãos foi determinado o percentual de grãos ardidos.

2.6 MONITORAMENTO DE ESPOROS DO AR

O objetivo deste trabalho foi monitorar a ocorrência no ar de ascósporos de *Gibberella zeae* ou macroconídios e fragmentos de hifas de *Fusarium graminearum*, *Fusarium moniliforme*

e *Fusarium* spp. no local onde foi conduzido o experimento de rotação e sucessão de culturas de cereais visando correlacioná-las com a ocorrência de epidemias de fusariose. Semanalmente era preparado meio de cultura seletivo para o gênero *Fusarium*, segundo Nash & Snyder (1962).

Foram instalados coletores de esporos, com placas de petri contendo o meio de Nash & Snyder em número de três por repetição, perfazendo um total de 9 placas por período. Estes coletores foram posicionados a partir da superfície do solo e a medida que as culturas se desenvolveram, os coletores foram posicionados logo acima das plantas. As placas foram regularmente colocadas as 9 horas, nas segundas e quintas-feiras, e retiradas 24 horas após, nas terças e sextas-feiras, durante os quatro anos na condução do experimento. Após a retirada, as placas foram encaminhadas para Laboratório de Fitopatologia, onde permaneceram na sala de incubação durante sete dias. Ao final deste período foram contados o número de colônias de *Fusarium* spp. que se desenvolveram em cada placa, e este valor foi transformado em número de colônias por centímetro quadrado. Sendo assim, a variável pode ser descrita como número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm² obtido em seis placas, sendo que esta variável foi utilizada para a confecção dos gráficos. A alguns metros do local do experimento localiza-se a Estação Meteorológica de Entre Rios, onde foram coletadas as informações sobre as condições meteorológicas durante o período em que as placas estavam no campo. Para a determinação do período de espigamento dos cereais de inverno utilizou-se a faixa entre sete dias antes e dez dias depois, com algumas adaptações, da data média de espigamento de cada tratamento, perfazendo uma média de 17 dias (HOOKER et al., 2002, LIPPS et al., 2002a, LIPPS et al., 2002b). No caso de trigo e cevada a data de espigamento é anotada quando 50% das plantas estão com as espigas completamente expostas. Data de espigamento em aveia é quando 50% das panículas estão completamente expostas. No caso de milho foi utilizado critério diferente para a determinação do período de espigamento pois o fungo penetra pelos estigmas entre o período de 3 dias antes e 10 dias após a data de floração, perfazendo uma média de 13 dias. Em milho a data de floração é quando mais de 50% das plantas da parcela tem espigas com o estigma exposto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises das variâncias das variáveis homogêneas deste capítulo são apresentadas nos anexos 1 ao 15.

3.1 CULTURA DA CEVADA

Nas Tabelas 14 e 15 estão os resultados da produção das micotoxinas DON e ZEA nos grãos de cevada dos invernos de 2000 a 2002. Como as determinações de DON e ZEA no inverno de 2003 foram realizadas de maneira diferente dos invernos anteriores, (amostras dos mesmos tratamentos das diferentes repetições foram acidentalmente misturadas) não foi possível incluir o inverno de 2003 na análise fatorial. Na análise fatorial entre os três anos e os cinco sistemas não ocorreram interações significativas entre ano e sistema para as micotoxinas DON e ZEA em grãos de cevada. Ao se analisar as médias de DON e ZEA, não ocorreram diferenças significativas entre os sistemas de rotação com diferentes percentagens da participação da cultura do milho para as duas micotoxinas avaliadas. Entretanto, ocorreram diferenças entre os anos. O inverno de 2000 apresentou o maior valor médio de DON (10,2 ppm), seguido pelo inverno de 2001 (6,6 ppm) e inverno de 2002 (1,8 ppm) (Tabela 14). Já para ZEA, o inverno de 2000 também apresentou o maior valor médio (733,9 ppb) (Tabela 15).

TABELA 14 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002

Sistemas de produção	DON (ppm)			Média
	I 2000	I 2001	I 2002	
Sistema I – (0% milho)	13,7	6,1	1,9	7,3
Sistema II – (25% milho)	10,3	7,8	1,6	6,6
Sistema III – (33% milho)	9,5	8,1	2,0	6,5
Sistema IV – (50% milho)	8,6	5,3	1,5	5,1
Sistema V – (100% M)	9,0	5,5	2,3	5,6
Média	† A 10,2	B 6,6	C 1,8	
Coeficiente de Variação (%)	41,4			

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ‡ n.s. = Não significativo.

TABELA 15 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002

Sistemas de produção	ZEA (ppb)			
	I 2000	I 2001	I 2002	Média
Sistema I – (0% milho)	851,1	9,5	50,7	303,8
Sistema II – (25% milho)	750,7	11,1	46,1	269,3
Sistema III – (33% milho)	624,8	17,4	46,2	229,5
Sistema IV – (50% milho)	709,2	6,6	170,3	295,4
Sistema V – (100% M)	742,5	54,8	90,0	295,8
Média	† A 733,9	C 17,0	B 74,9	
Coeficiente de Variação (%)	36,8			

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ‡ n.s. = Não significativo.

Como os resultados de DON e ZEA em cevada do inverno de 2003 não foram incluídos na análise fatorial devido a problemas de amostragem já discutidos anteriormente, mostraram-se as tendências destas variáveis durante os quatro invernos de experimentação na forma gráfica. Na Figura 3 fica evidente que as maiores variações são devidas ao efeito ano, com pouca ou nenhuma variação dentro de cada ano. Assumindo um limite de tolerância de DON de 2 ppm, em duas das quatro safras foram detectados valores acima do tolerado por diferentes fontes de referência (Tabela 1). Da mesma forma como os valores de DON em cevada foram mais altos no inverno de 2000, também foram os valores de ZEA para aquele mesmo inverno (Figura 4). Ficou evidente que as maiores variações dos teores de ZEA são devidas ao efeito ano, com tênues ou nenhuma variação dentro de cada ano. Assumindo um limite de tolerância de ZEA de 200 ppb, em somente uma das quatro safras foram detectados valores acima do tolerado por diferentes fontes de referência (Tabela 2).

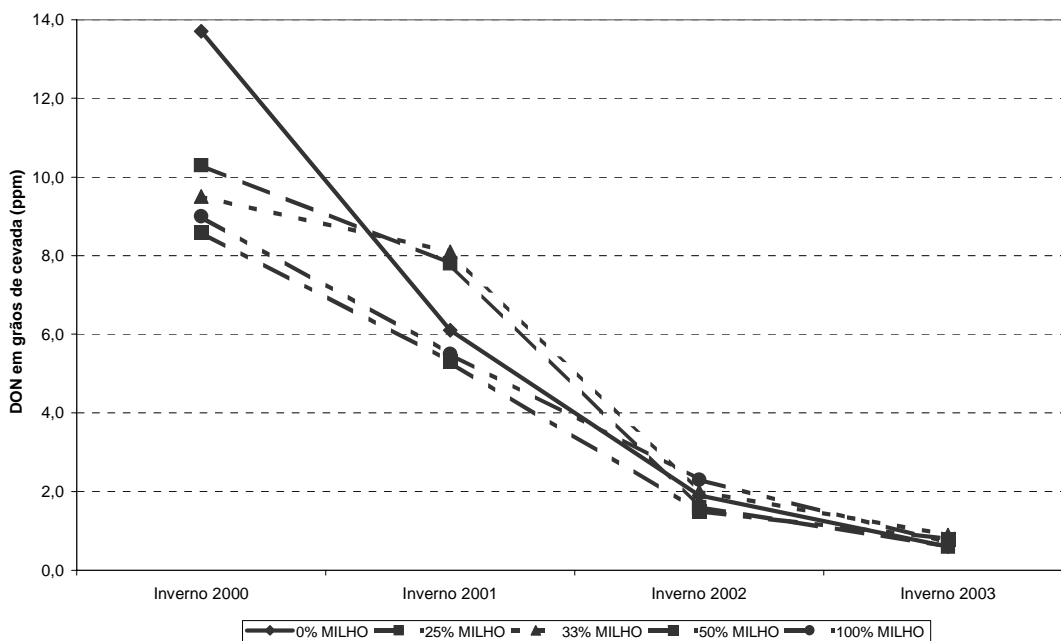


FIGURA 3 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003

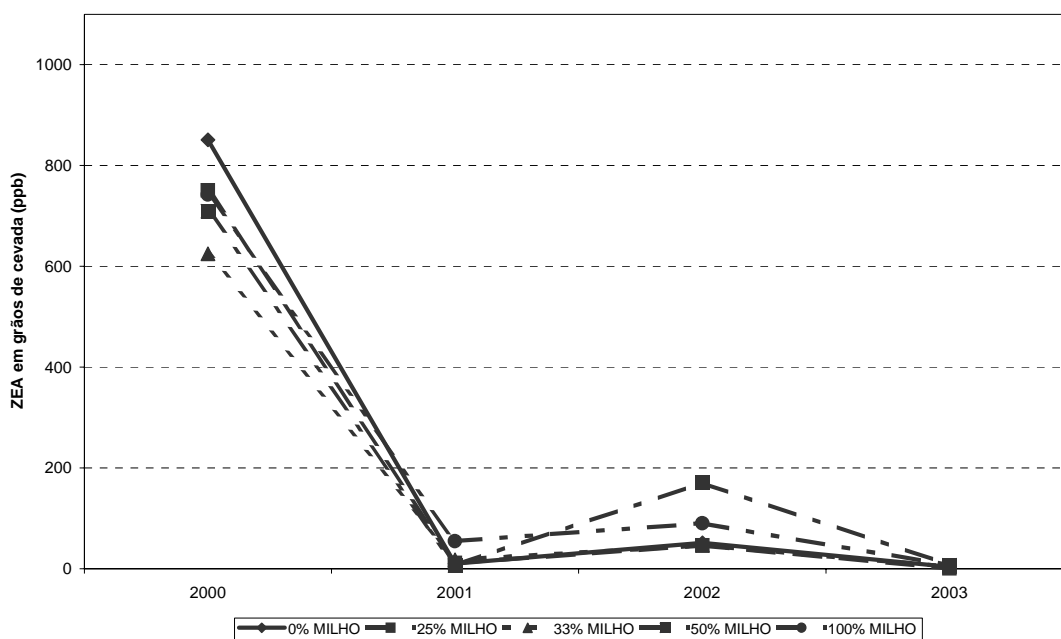


FIGURA 4 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003

As variáveis que foram avaliadas nas plantas e nos grãos de cevada para medição da doença foram a incidência de espigas gibereladas e o percentual de grãos colhidos giberelados, sendo que estas duas variáveis são expressas em percentagem. Na Tabela 16 são apresentadas os resultados da variável incidência de espigas gibereladas. Ocorreu interação entre os fatores ano e sistema. No inverno de 2000, no início do experimento, quando ainda não havia o efeito das diferentes rotações que compunham os tratamentos, o sistema I (0% milho) apresentou a maior incidência de espigas gibereladas (29,0%). Esta maior incidência ocorreu devido ao fato que nestas parcelas, a palha de milho havia sido retirada, e conseqüentemente as plantas de cevada emergiram mais rapidamente, bem como sofreram menos com as geadas que ocorreram nos dias 13 e 14 de julho de 2000, 24 dias após a emergência das plantas. Como resultado destes fatos as parcelas do sistema 1 (0% milho) espigaram 4 dias antes quando comparado com os outros sistemas. Na Tabela 21 observa-se que na semana que antecedeu a data do espigamento pleno (dia 20 de setembro de 2000), nas parcelas do sistema I (0% milho), choveu em seis dos sete dias, em um total de 140,6 mm, com temperaturas médias diárias de 15,4 °C, umidade relativa média diária de 93,7% e insolação média diária de 3h18, favorecendo o desenvolvimento da doença. Por outro lado a semana que antecedeu o espigamento pleno das parcelas dos outros sistemas, choveu em cinco dos sete dias, em um total de 37,8 mm, com temperaturas médias diárias de 17,0 °C, umidade relativa média diária de 84,2% e insolação média diária de 6h:06, condições estas comparativamente menos favoráveis ao desenvolvimento da doença (Tabela 21). No inverno de 2001, os sistemas V (100% milho), II (25% milho), IV (50% milho) apresentaram valores superiores para incidência de espigas gibereladas, quando comparados com o sistema I (0% milho). A princípio atribui-se esta menor incidência do sistema I (0% milho), ao fato de que o patógeno não teve condições tão boas de infecção devido a ausência de palha de milho. Entretanto ao analisarmos a Tabela 22, constata-se que o sistema I (0% milho), espigou em data diferente aos demais sistemas e devido a este fato teve condições não tão favoráveis para o aparecimento da doença. Já no inverno de 2002, quando a incidência do patógeno foi menor, quando comparada com os invernos anteriores, não ocorreram diferenças entre os sistemas. Na Tabela 17 são apresentados os resultados da variável percentual de grãos colhidos giberelados. Não ocorreram diferenças entre os sistemas, somente entre os anos. O inverno de 2000 apresentou o maior percentual de grãos colhidos giberelados (1,2 %) das três safras avaliadas.

De uma maneira geral observou-se que em anos de epidemia de giberela, como as safras de inverno de 2000 e 2001, o fator preponderante para ocorrer maior incidência da doença e conseqüente possível tendência de maiores teores de micotoxinas, é a condição climática no período do espigamento das plantas e não a quantidade de palha da cultura antecessora.

TABELA 16 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de espigas gibereladas de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002

Sistemas de produção	Incidência Espigas Gibereladas (%)			
	I 2000	I 2001	I 2002	Média
Sistema I – (0% milho)	†A 29,0 a	B 7,3 b	B 3,7 n.s. ‡	13,3
Sistema II – (25% milho)	A 16,3 b	A 19,3 a	B 3,7	13,1
Sistema III – (33% milho)	A 16,3 b	A 14,7 ab	B 4,7	11,9
Sistema IV – (50 % milho)	AB 12,0 b	A 19,0 a	B 5,3	12,1
Sistema V – (100% milho)	A 18,7 b	A 21,0 a	B 4,0	14,6
Média	18,5	16,3	4,3	
Coeficiente de Variação (%)	29,5			

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ‡ n.s. = Não significativo.

TABELA 17 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação de culturas no percentual de grãos colhidos giberelados nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação Visando Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002

Sistemas de produção	Grãos Colhidos Giberelados (%)			
	I 2000	I 2001	I 2002	Média
Sistema I – (0% milho)	1,5	0,3	0,1	0,7
Sistema II – (25% milho)	1,3	0,5	0,1	0,6
Sistema III – (33% milho)	1,5	0,4	0,3	0,7
Sistema IV – (50 % milho)	0,7	0,4	0,5	0,5
Sistema V – (100% milho)	1,0	0,3	0,4	0,5
Média	† A 1,2	B 0,4	B 0,3	
Coeficiente de Variação (%)	53,7			

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ‡ n.s. = Não significativo.

Na Tabela 18 está o resultado de patologia, percentual de grãos com *Fusarium* spp., realizado em 150 grãos de cevada obtidos a partir dos diferentes tratamentos. Para esta

variável as variâncias não foram homogêneas, mesmo após a transformação dos dados. Pode-se atribuir esta não homogeneidade das variâncias aos erros cometidos na metodologia. LIMA et al. (2001) observaram que a frequência dos fungos *Fusarium* spp. e *Fusarium graminearum* diminuiu drasticamente a partir de 3 a 6 meses da colheita, dependendo do teor de umidade da colheita e dos grãos armazenados. Como as amostras das diferentes safras foram encaminhadas entre 3 até 12 meses após a colheita, e em diferentes períodos entre as diferentes safras, provavelmente grande parte da viabilidade do fungo havia se extinguido, não possibilitando comparação entre os sistemas e entre as safras.

TABELA 18 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Fusarium* spp.) realizada em 100 grãos colhidos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium</i> spp. (%)			
	I 2000	I 2001	I 2002	Média
Sistema I – (0% milho)	75,1	1,0	0,8	25,6
Sistema II – (25% milho)	81,3	1,3	1,4	28,0
Sistema III – (33% milho)	73,8	4,5	0,6	26,3
Sistema IV – (50% milho)	65,2	2,1	0,9	22,7
Sistema V – (100% M)	68,1	1,3	1,2	23,5
Média	72,6	1,9	1,0	

O rendimento de grãos de cevada está na Tabela 19. Para esta variável ocorreu interação entre os fatores ano e sistema. No inverno de 2000, no início do experimento, quando ainda não havia o efeito das diferentes rotações, não ocorreram diferenças entre os sistemas. No inverno de 2001 o rendimento de grãos de cevada do sistema I (0% milho) foi superior aos demais sistemas (2947 kg ha⁻¹). Já no inverno de 2002 o sistema III (33% milho) com rendimento de 3851 kg ha⁻¹ foi superior ao sistema IV (50% milho), com 3337 kg ha⁻¹, embora o sistema III não diferiu estatisticamente dos sistemas I (0% milho) e II (25% milho). Nesta safra o sistema V (100% milho) foi inferior aos demais sistemas com 2456 kg ha⁻¹. Finalmente no inverno de 2003, sistema I (0% milho) foi novamente superior aos demais sistemas (3851 kg ha⁻¹). Os sistemas II (25% milho), III (33% milho) e IV (50% milho) não diferiram estatisticamente. Novamente o sistema V (100% milho) foi inferior aos demais sistemas com 2549 kg ha⁻¹. Considerando o período total de 4 safras do experimento pode-se afirmar que em 2 safras o sistema I (0 % milho) foi superior para rendimento de grãos de

cevada. Também pode-se afirmar que em três safras o sistema V (100 % milho) foi inferior aos demais sistemas para esta variável. De um modo geral, observa-se uma tendência a diminuir o rendimento de grãos de cevada a medida que aumenta a participação do milho no sistema.

TABELA 19 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas no rendimento de grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003

Sistemas de produção	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)				
	I 2000	I 2001	I 2002	I 2003	Média
Sistema I – (0% milho)	† B 2882 n.s. ‡	B 2947 a	A 3588 ab	A 3851 a	3317
Sistema II – (25% milho)	B 3071	C 2362 bc	A 3572 ab	AB 3199 b	3051
Sistema III – (33% milho)	B 2971	C 2289 bc	A 3851 a	B 2982 bc	3023
Sistema IV – (50% milho)	A 2907	B 2410 b	A 3337 b	A 3080 b	2933
Sistema V – (100% M)	A 2968	C 1930 c	B 2456 c	AB 2549 c	2476
Média	2960	2388	3361	3132	
Coeficiente de Variação (%)	6,9				

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ‡ n.s. = Não significativo.

Na Tabela 20 são apresentados os coeficientes de correlação entre as variáveis de cevada. O maior coeficiente de correlação foi entre as variáveis “produção de ZEA nos grãos de cevada” e “percentual de grãos com *Fusarium sp*”, com um valor altamente significativo de 0,88. O segundo maior coeficiente de correlação foi entre as variáveis “percentual de grãos com *Fusarium sp*” e “percentual de grãos colhidos giberelados”, com um valor altamente significativo de 0,81. Já o terceiro maior coeficiente de correlação foi entre as variáveis “produção de DON” e “percentual de grãos colhidos giberelados”, com um valor altamente significativo de 0,75. Cabe ainda destaque o coeficiente de correlação entre as variáveis “produção de ZEA” e “percentual de grãos colhidos giberelados”, com um valor altamente significativo de 0,71. Portanto pode-se propor que o “percentual de grãos colhidos giberelados” é um indicador de “produção de DON e ZEA” em cevada. É interessante observar que mesmo valores numericamente baixos de “percentual de grãos colhidos giberelados”, como 1,2 % no inverno de 2000 (Tabela 17), podem resultar em valores altos de DON de (10,2 ppm, Tabela 14) e ZEA (734 ppb, Tabela 15), valores estes bem acima dos níveis tolerados. Como a produção de micotoxinas pelo fungo é influenciada por fatores ambientais (CHULZE, 2006

e Martineli, 2006 comunicação pessoal), especula-se que, naquele ano, a interação patógeno-hospedeiro tenha ocorrido sob condições de estresse para o patógeno. Outra hipótese possível é a de que o acúmulo de micotoxinas pode alcançar altíssimos valores em grãos giberelados, de forma que um baixo percentual de grãos infectados, como 1,2%, poderia mesmo assim, representar valores acima dos toleráveis mesmo quando misturados ou diluídos com uma grande quantidade de grãos sadios.

TABELA 20 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002

Variáveis	Coeficiente de correlação (r)				
	ZEA	Grãos c/ <i>Fusarium</i> spp.	Inci. Espigas Gibe	Perc. Grãos Gibe	Rendimento
DON	0,60 **	0,69 **	0,66 **	0,75 **	- 0,33 *
ZEA	-	0,88 **	0,44 **	0,71 **	- 0,09 n.s.
Grãos c/ <i>Fusarium</i> spp.	-	-	0,47 **	0,81 **	0,07 n.s.
Incidênc. Espigas Gibe	-	-	-	0,45 **	- 0,55 **
Percentual Grãos Gibe	-	-	-	-	- 0,04 n.s.

* significativo com $P < 0,05$, ** significativo com $P < 0,01$, n.s.= não significativo

TABELA 21 - Dados meteorológicos e variáveis nas semanas que antecederam as datas de espigamento de cevada, incidência de espigas gibereladas, percentual de grãos colhidos giberelados, rendimento de grãos, produção de DON e ZEA das diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas, Guarapuava inverno 2000

Dados meteorológicos e variáveis	Sistemas de produção	
	Sistema I (0% milho)	Outros sistemas (com palha milho) †
Nº dias espigamento	93	97
Nº dias com chuva	6	5
Chuva total período (mm)	140,6	37,8
Umidade rel. ar (%) – média diária	93,7	82,2
Insolação (h) - média diária	3:18	6:06
Temp. média - média diária (°C)	15,4	17,0
Incidência espigas gibereladas (%)	29,0	15,8
Grãos colhidos giberelados (%)	1,5	1,1
Rendimento grãos (kg ha ⁻¹)	2882	2979
DON (ppm)	13,7	9,3
ZEA (ppb)	851,1	706,8

† Valores médios dos outros sistemas semeados em palha de milho.

Ao analisar a Tabela 23 constata-se que o sistema I (0 % milho) no inverno de 2001, espigou em data diferente aos demais sistemas. Devido a este fato este tratamento não teve condições tão favoráveis para o aparecimento da doença quando comparado com tratamentos sistemas V (100 % milho), II (25 % milho) e IV (50 % milho), principalmente com relação a incidência de espigas gibereladas (Tabela 16). Interessante observar que esta diferença de incidência de espigas gibereladas entre os sistemas no inverno de 2001, causou redução no rendimento de grãos em maior proporção do que no inverno de 2000, fato este difícil de ser explicado devido a interação dos fatores que afetam o rendimento de grãos.

TABELA 22 - Dados meteorológicos e variáveis nas semanas que antecederam as datas de espigamento de cevada, incidência de espigas gibereladas, percentual de grãos colhidos giberelados, rendimento de grãos, produção de DON e ZEA das diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas, Guarapuava inverno 2001

Dados meteorológicos e variáveis	Sistemas de produção	
	Sistema I (0% milho)	Outros sistemas (com palha milho)
Nº dias espigamento	89 (09/09)	86 (06/09)
Nº dias com chuva	2 (5 e 6/09)	2 (5 e 6/09)
Chuva total período (mm)	17,4	17,4
Umidade rel. ar (%) – média diária	80,1	77,9
Radiação solar (W m ⁻²) – média diária	329	359
Temp. média – média diária (°C)	17,3	24,9
Espigas gibereladas (%)	7,3	18,5
Grãos colhidos giberelados (%)	0,3	0,4
Rendimento grãos (kg ha ⁻¹)	2947	2248
DON (ppm)	6,3	6,7
ZEA (ppb)	9,5	22,5

† Valores médios dos outros sistemas semeados em palha de milho.

3.2 CULTURA DO TRIGO

Nas Tabelas 23 e 24 estão os resultados da produção das micotoxinas DON e ZEA nos grãos de trigo dos invernos de 2000 a 2002, cultura esta que compunha os sistemas II (25 % milho) e III (33 % de milho). Como as determinações de DON e ZEA no inverno de 2003 foram realizadas de maneira diferente dos invernos anteriores, (amostras dos mesmos tratamentos das diferentes repetições foram acidentalmente misturadas) não foi possível incluir o inverno de 2003 na análise fatorial. Para estas duas variáveis as variâncias não foram homogêneas, mesmo após a transformação dos dados. Assumindo um limite de tolerância

de DON de 2 ppm, as três safras e os dois sistemas apresentaram valores médios acima do tolerado. Dois dos três anos avaliados apresentaram valores médios acima do tolerado para ZEA, assumindo um limite de tolerância de 200 ppb. As médias dos dois sistemas também apresentaram valores médios acima do tolerado. Entretanto deve-se considerar a menor importância destes valores acima do tolerado no caso do trigo, pois a produção de micotoxinas neste cereal tem um impacto diferenciado devido ao processo industrial de moagem. Mais especificamente, a infecção do fungo e o desenvolvimento de micotoxinas ocorrem principalmente nas camadas externas dos grãos, embora possam também afetar o endosperma, dependendo do momento da infecção. Como o trigo não tem casca (lema e pálea), o desenvolvimento das micotoxinas se dá preferencialmente diretamente no pericarpo, na testa e na camada de células do aleurona. OLIVEIRA (2006) promoveu o descascamento parcial da camada de epiderme de grãos de trigo (denominação em inglês “peeling”) e obteve reduções de até 50 % da contaminação inicial de micotoxinas no trigo após este processo. Mais especificamente nas amostras de trigo desta tese, a determinação foi realizada em farinha composta pelo endosperma e farelo. Já durante a moagem industrial do trigo as camadas externas do grão, denominadas por pericarpo, testa e camada de células do aleurona (denominadas pelos moageiros como farelo) são extraídas, antes de se iniciar a moagem do endosperma. Com exceção do processo de fabricação das farinhas integrais, que incorporam parte do farelo, o processo de obtenção das farinhas de tipo 1 e 2 (brancas) descartam o farelo e considerável parte das micotoxinas. A maioria dos moinhos destinam o farelo de trigo para utilização como ração animal. Entretanto devido a alta sensibilidade de suínos e aves às principais micotoxinas, este farelo deve ter utilização preferencial para ração de bovinos, que devido as características do aparelho digestivo ruminante são mais tolerantes às micotoxinas.

TABELA 23 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002

Sistemas de produção	DON (ppm)			
	I 2000	I 2001	I 2002	Média
Sistema II – (25% milho)	4,2	4,1	7,2	5,1
Sistema III – (33% milho)	4,8	3,8	7,4	5,2
Média	4,5	3,9	7,3	

TABELA 24 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002

Sistemas de produção	ZEA (ppb)			
	I 2000	I 2001	I 2002	Média
Sistema II – (25% milho)	218,2	3,4	837,3	352,9
Sistema III – (33% milho)	190,9	2,7	1054,9	416,2
Média	204,3	3,1	946,1	

Os resultados de DON e ZEA em trigo durante o inverno de 2003 também não participaram da análise fatorial devido a problemas de amostragem já discutidos anteriormente. Na Figura 5 mostra-se as tendências da variável DON durante os quatro invernos e para trigo também ficou evidente que as maiores variações são devidas ao efeito ano, sem variação entre os sistemas de rotação dentro de cada ano. Assumindo um limite de tolerância de DON de 2 ppm, em todas as safras foram detectados valores acima do tolerado por diferentes fontes de referência (Tabela 1). Embora estes valores sejam altos, deve-se lembrar que os mesmos foram superestimados devido a questões da colheita, que favoreceu o recolhimento de grãos giberelados, e a questão da determinação das micotoxinas de farinha obtida a partir da moagem de grãos de trigo integrais, como já foi discutido anteriormente. Apresentando a mesma tendência que ocorreu em cevada, os valores mais altos de DON e ZEA em trigo ocorreram no mesmo inverno de 2002 (Figuras 5 e 6). As variações dos teores de ZEA em trigo também são devidas ao efeito ano, com pequena variação entre os sistemas de rotação em somente um ano. Assumindo um limite de tolerância de ZEA de 200 ppb, em duas das quatro safras foram detectados valores acima do tolerado por diferentes fontes de referência (Tabela 2).

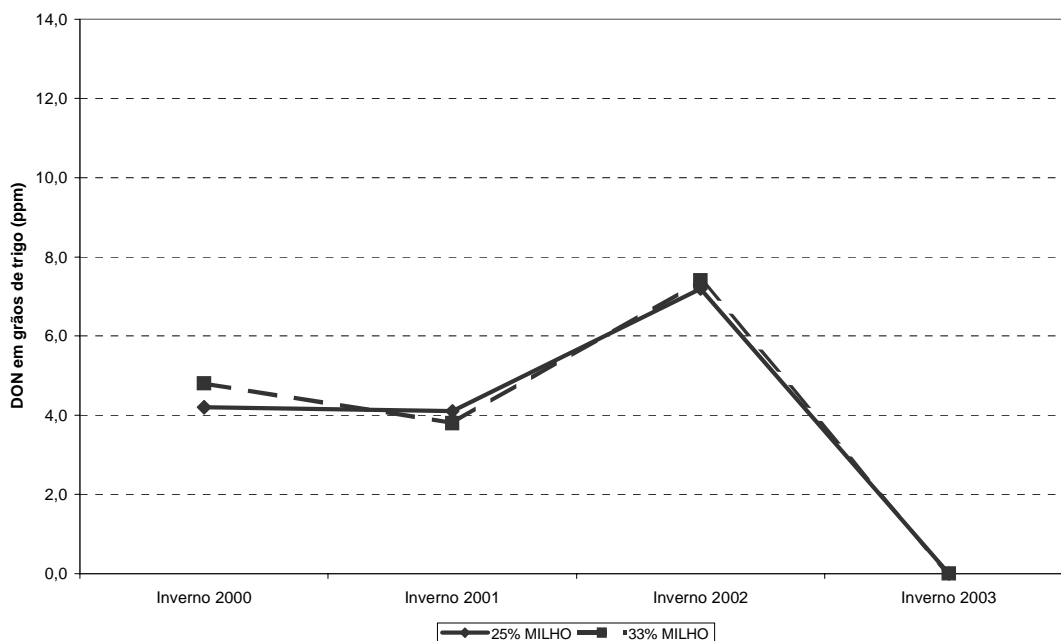


FIGURA 5 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003.

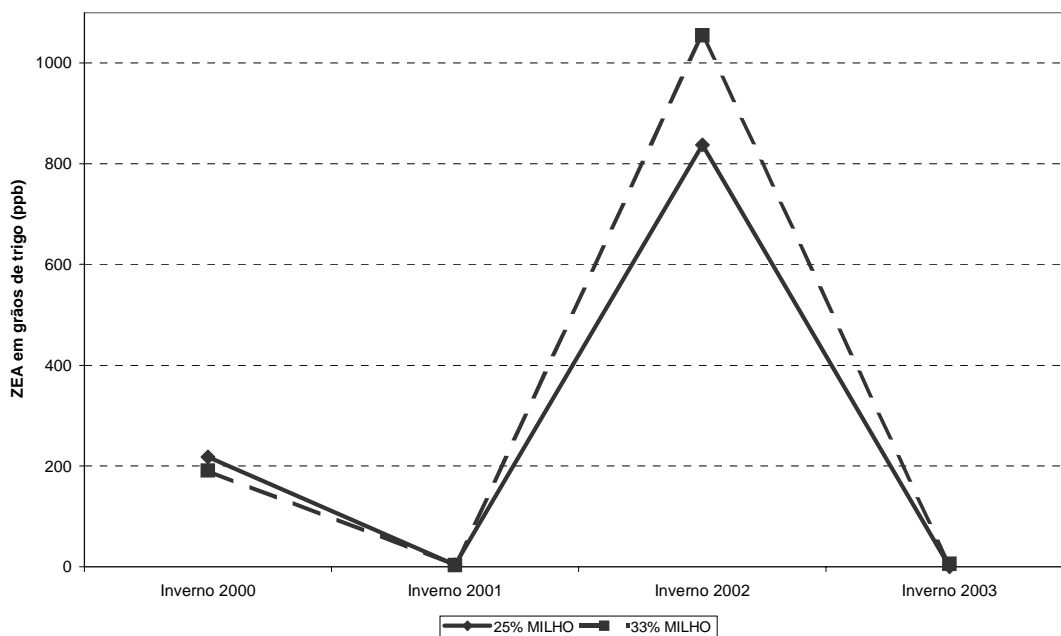


FIGURA 6 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003.

Na Tabela 25 está o resultado de patologia, percentual de grãos com *Fusarium* spp. realizado em 100 grãos de trigo obtidos a partir dos diferentes tratamentos dos invernos de 2000 a 2002. Não ocorreram diferenças significativas entre os sistemas de rotação com diferentes percentagens da participação da cultura do milho para o patógeno avaliado. Entretanto ocorreram diferenças entre os anos. Para percentual de grãos com *Fusarium* spp., o inverno de 2000 apresentou o maior valor médio de incidência (49,2%) (Tabela 25).

TABELA 25 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Fusarium* spp.) realizada em 100 grãos colhidos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium</i> spp. (%)			
	I 2000	I 2001	I 2002	Média
Sistema II – (25% milho)	45,4	1,7	3,7	16,9
Sistema III – (33% milho)	53,2	1,4	3,4	19,3
Média	A 49,2	B 1,6	B 3,6	
Coeficiente de Variação (%)	21,5			

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável incidência de espigas de trigo gibereladas as variâncias não foram homogêneas (Tabela 26). Na Tabela 27 encontra-se o resultado da percentual de grãos colhidos giberelados de trigo, variável esta que não apresentou diferenças entre os sistemas, somente diferença entre os anos. Para estas duas variáveis não foram realizadas as determinações no inverno de 2000, devido a chuva de granizo, antes da coleta das amostras.

TABELA 26 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de espigas gibereladas de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003

Sistemas de produção	Incidência Espigas Gibereladas (%)			
	I 2001	I 2002	I 2003	Média
Sistema II – (25% milho)	35,7	5,4	3,0	14,7
Sistema III – (33% milho)	22,3	2,0	1,4	8,6
Média	29,0	3,7	2,2	

TABELA 27 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas no percentual de grãos colhidos giberelados em trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003

Sistemas de produção	Grãos Colhidos Giberelados (%)			
	I 2001	I 2002	I 2003	Média
Sistema II – (25% milho)	3,1	0,2	1,5	1,6
Sistema III – (33% milho)	2,1	0,2	1,6	1,3
Média	† A 2,6	B 0,2	B 1,6	
Coeficiente de Variação (%)	38,5			

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O rendimento de grãos de trigo apresentou variância não homogênea, mesmo após transformações dos dados (Tabela 28). Devido a chuva de granizo antes da colheita, não foram avaliadas as parcelas de trigo no inverno de 2000.

TABELA 28 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas no rendimento de grãos de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003

Sistemas de produção	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)			
	I 2001	I 2002	I 2003	Média
Sistema II – (25% milho)	3745	4405	3759	3969
Sistema III – (33% milho)	3767	4187	3956	3970
Média	3756	4296	3857	

Na Tabela 29 estão os resultados dos coeficientes de correlação entre as variáveis de trigo nos invernos de 2000 a 2002. Não foram encontrados coeficientes de correlação significativos entre as variáveis “DON”, “ZEA” e “grãos com *Fusarium* spp.” acima de 0,7.

TABELA 29 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2002

	Coeficiente de correlação (r)	
	ZEA	Grãos c/ <i>Fusarium</i>
DON	0,37 n.s.	- 0,13 n.s.
ZEA	-	0,01 n.s.

n.s.= não significativo

Na Tabela 30 são apresentados os resultados dos coeficientes de correlação entre as variáveis “Incidência de espigas gibereladas”, “percentual de grãos colhidos giberelados” e “rendimento de grãos” nos invernos de 2001 a 2003. O maior coeficiente de correlação foi entre as variáveis “Incidência de espigas gibereladas” e “percentual de grãos colhidos giberelados” com um valor altamente significativo de 0,77. Outro coeficiente de correlação altamente significativo foi entre as variáveis “percentual de grãos colhidos giberelados” e “rendimento de grãos” com uma correlação negativa de 0,72. Confirmando esta correlação, na Tabela 27 observa-se que no inverno de 2001, quando ocorreu o maior “percentual de grãos colhidos giberelados”, foi a inverno que apresentou o menor rendimento em números absolutos (Tabela 28). No inverno de 2002, que apresentou o maior rendimento de grãos de trigo em números absolutos foi quando ocorreu o menor “percentual de grãos colhidos giberelados”.

TABELA 30 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de trigo. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003

	Coeficiente de correlação (r)	
	Percentual Grãos Giberelados	Rendimento
Inci. Espigas gibereladas	0,77 **	- 0,41 n.s.
Percentual Grãos Giberelados	-	- 0,72 **

* significativo com $P < 0,05$, ** significativo com $P < 0,01$, n.s.= não significativo

3.3 CULTURA DA AVEIA BRANCA

Nas Tabelas 31 e 32 estão os resultados da produção das micotoxinas DON e ZEA nos grãos de aveia nos invernos 2001 e 2002, cultura esta que fez parte do sistema II (25% milho). Não são apresentados os resultados do inverno de 2000, devido a perda por granizo.

Como as determinações de DON e ZEA no inverno de 2003 foram realizadas de maneira diferente dos invernos anteriores, (amostras dos mesmos tratamentos das diferentes repetições foram acidentalmente misturadas) não foi possível incluir o inverno de 2003 na análise fatorial. Não ocorreram diferenças para essas duas variáveis nos dois anos avaliados. Assumindo um limite de tolerância de DON de 2 ppm (Tabela 1), não foram detectados valores acima do tolerado nas duas safras avaliadas. Para ZEA os dois anos avaliados também apresentaram valores médios bem abaixo do tolerado, assumindo um limite de tolerância de 200 ppb (Tabela 1). Não obstante os baixos valores de micotoxinas obtidos neste experimento, no caso específico da aveia, deve-se considerar a menor importância das micotoxinas DON e ZEA, pois no processo industrial de descascamento do grão para obtenção da cariopse a ser floculada, grande parte das micotoxinas é eliminada juntamente com a casca. Neste experimento, a determinação foi realizada em farinha composta pela casca e pelo endosperma da cariopse, favorecendo um possível aumento de micotoxinas. Entretanto este aumento acabou não ocorrendo.

TABELA 31 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 e 2002

Sistemas de produção	DON (ppm)		
	I 2001	I 2002	Média
Sistema II – (25% milho)	† N.S. 1,3	0,2	0,8
Coeficiente de Variação (%)	54,8		

† Não significativo.

TABELA 32 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 e 2002

Sistemas de produção	ZEA (ppb)		
	I 2001	I 2002	Média
Sistema II – (25% milho)	† N.S. 0,5	15,0	7,7
Coeficiente de Variação (%)	123,6		

† Não significativo.

Nas Tabelas 33 e 34 estão os resultados de patologia, percentual de grãos com *Fusarium* spp. e *F. graminearum* realizado em 100 grãos de aveia obtidos a partir dos diferentes tratamentos dos invernos de 2001 a 2003. Para as variáveis incidência de grãos com *Fusarium* spp. e incidência de grãos com *F. graminearum* as variâncias não foram homogêneas. Pode-se atribuir esta não homogeneidade das variâncias aos erros cometidos na metodologia, já discutidos nos resultados de cevada.

TABELA 33 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Fusarium* spp.) realizada em 100 grãos colhidos de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium</i> spp. (%)			
	I 2001	I 2002	I 2003	Média
Sistema II - (25% milho)	0,0	4,7	0,0	1,5

TABELA 34 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Fusarium graminearum*) realizada em 100 grãos colhidos de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium graminearum</i> (%)			
	I 2001	I 2002	I 2003	Média
Sistema II - (25% milho)	0,0	1,3	0,0	0,4

O rendimento de grãos de aveia branca estão na Tabela 35. Devido a chuva de granizo antes da colheita, não foram avaliadas as parcelas de aveia no inverno de 2000. Não ocorreram diferenças nos três anos avaliados.

TABELA 35 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas rendimento de grãos de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 a 2003

Sistemas de produção	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)			
	I 2001	I 2002	I 2003	Média
Sistema II - (25% milho)	† N.S. 3636	3484	2949	3356
Coeficiente de Variação (%)	10,6			

† Não significativo.

Na Tabela 36 são apresentados os coeficientes de correlação entre as variáveis de aveia branca. O maior coeficiente de correlação foi entre as variáveis “percentual de grãos c/ *Fusarium* spp.” e “percentual de grãos *F. graminearum*”, com um valor altamente significativo de 0,85. Já o segundo maior coeficiente de correlação foi entre as variáveis “produção de ZEA” e “percentual de grãos c/ *F. graminearum*”, com um valor altamente significativo de 0,83.

TABELA 36 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de aveia branca. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava inverno 2001 e 2002

Variáveis	Coeficiente de correlação (r)			
	ZEA	Grãos c/ <i>Fusarium</i>	Grãos <i>F. graminearum</i>	Rendimento
DON	- 0,53 n.s.	- 0,51 n.s.	- 0,72 n.s.	0,57 n.s.
ZEA	-	0,80 n.s.	0,83 **	-0,70 n.s.
Grãos c/ <i>Fusarium</i> spp.	-	-	0,85 **	-0,44 n.s.
Grãos c/ <i>F. graminearum</i>	-	-	-	-0,46 n.s.

* significativo com $P < 0,05$, ** significativo com $P < 0,01$, n.s.= não significativo

3.4 CULTURA DO MILHO

Contrastando com o relato de SCUSSEL (1998), o qual apontou que os principais alimentos passíveis de contaminação por tricotecenos era, entre outros o milho, os valores determinados nas quatro safras do experimento foram baixos para este cereal. Nas Tabelas 37 e 38 estão os resultados da produção das micotoxinas DON e ZEA nos grãos de milho do período do verão de 2000/2001 ao verão de 2003/2004. Para estas duas variáveis as variâncias não foram homogêneas, mesmo após a transformação dos dados. Pode-se atribuir estas heterogeneidades de variâncias principalmente devido ao grande número de amostras que não foram detectadas DON e aos baixos valores de ZEA encontrados em grãos de milho.

TABELA 37 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	DON (ppm)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema II – (25% milho após nabo)	0,0	0,1	0,3	0,2	0,1
Sistema III – (33% milho após nabo)	0,0	0,1	0,3	0,2	0,1
Sistema IV – (50% milho após nabo)	0,0	0,1	0,4	0,2	0,2
Sistema V – (100% milho após nabo)	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Sistema V – (100% milho após cevada)	0,0	0,1	0,4	0,4	0,2
Média	0,0	0,1	0,3	0,2	

TABELA 38 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	ZEA (ppb)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema II – (25% milho após nabo)	11,0	49,4	0,3	1,4	15,5
Sistema III – (33% milho após nabo)	50,1	65,7	1,6	120,9	59,6
Sistema IV – (50% milho após nabo)	30,6	78,1	19,3	10,7	34,7
Sistema V – (100% milho após nabo)	22,7	55,8	0,0	7,5	21,5
Sistema V – (100% milho após cevada)	63,0	159,3	17,2	53,7	73,3
Média	35,5	81,7	7,7	38,9	

Utilizando a mesma escala de valores de DON e ZEA que foi utilizada nos gráficos de cevada (Figuras 3 e 4) e de trigo (Figuras 5 e 6) observam-se os baixíssimos valores destas micotoxinas encontrados em grãos de milho, quando comparado aos valores obtidos em cevada e trigo, durante as quatro safras de verão (Figuras 7 e 8). Na Figura 8 mostram-se as tendências da variável ZEA durante os quatro verões e as mínimas variações entre os sistemas dentro de cada ano.

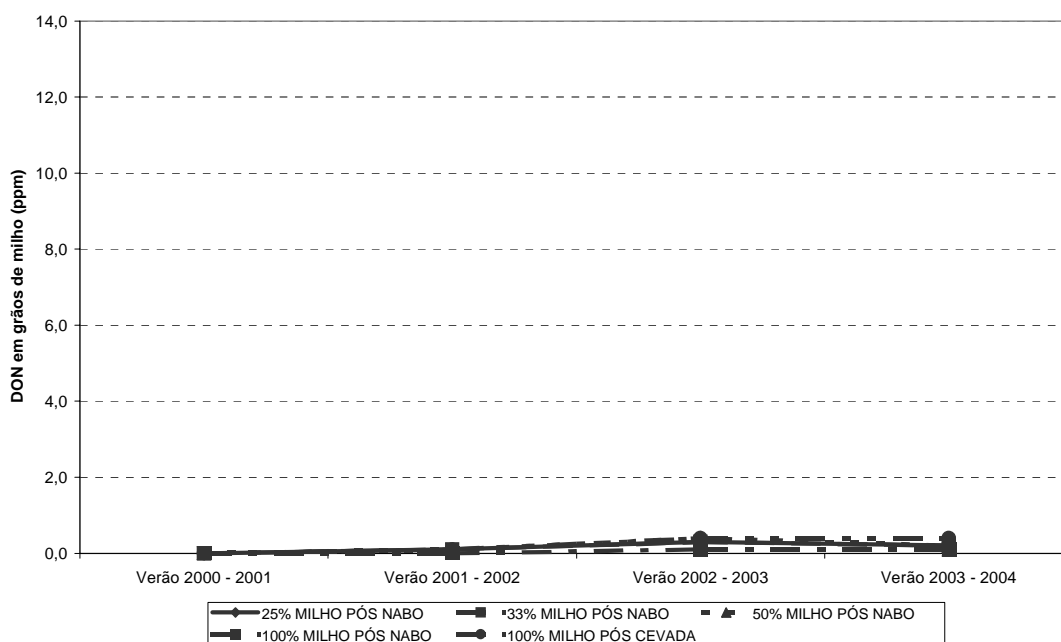


FIGURA 7 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004.

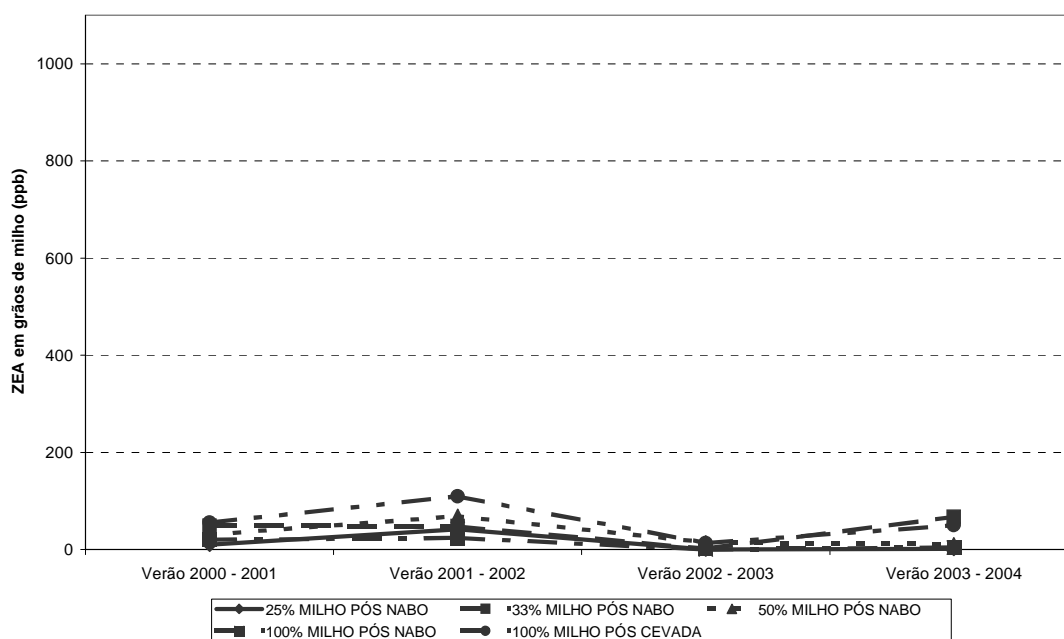


FIGURA 8 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004.

Alguns meses após a colheita dos grãos de milho, amostras foram encaminhadas para o laboratório para determinação da patologia dos grãos. Os resultados das incidências de grãos com *Fusarium* spp., *Fusarium graminearum*, *Fusarium moniliforme*, *Diplodia* sp. e *Cephalosporium* sp. estão respectivamente nas Tabelas 39, 40, 41, 42 e 43. Para estas variáveis as variâncias não foram homogêneas, mesmo após a transformação dos dados, provavelmente devido a perda da viabilidade dos fungos durante o período da colheita até a data de realização da patologia.

TABELA 39 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Fusarium* spp.) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium</i> spp. (%)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema II – (25% milho após nabo)	27,0	0,0	0,0	0,0	6,8
Sistema III – (33% milho após nabo)	15,7	0,0	0,0	0,3	4,0
Sistema IV – (50% milho após nabo)	25,7	0,0	0,0	0,0	6,4
Sistema V – (100% milho após nabo)	16,7	0,0	0,0	0,0	4,2
Sistema V – (100% milho após cevada)	38,7	0,3	0,0	0,0	9,8
Média	24,7	0,1	0,0	0,1	

TABELA 40 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Fusarium graminearum*) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium graminearum</i> (%)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema II – (25% milho após nabo)	2,3	0,0	0,0	2,0	1,1
Sistema III – (33% milho após nabo)	0,0	0,0	0,0	2,3	0,6
Sistema IV – (50% milho após nabo)	0,0	0,0	0,0	7,0	1,8
Sistema V – (100% milho após nabo)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sistema V – (100% milho após cevada)	1,0	0,0	0,0	1,7	0,7
Média	0,7	0,0	0,0	2,6	

TABELA 41 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Fusarium moniliforme*) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens d participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium moniliforme</i> (%)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema II – (25% milho após nabo)	6,7	1,7	3,3	10,7	5,6
Sistema III – (33% milho após nabo)	17,0	0,0	0,0	14,3	7,8
Sistema IV – (50% milho após nabo)	19,7	0,0	0,7	14,0	8,6
Sistema V – (100% milho após nabo)	20,0	0,0	0,0	9,0	7,3
Sistema V – (100% milho após cevada)	15,3	0,0	0,0	12,0	6,8
Média	15,7	0,3	0,8	12,0	

TABELA 42 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Diplodia sp.*) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Diplodia sp.</i> (%)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema II – (25% milho após nabo)	9,7	0,7	0,3	31,0	10,4
Sistema III – (33% milho após nabo)	21,0	0,0	0,0	28,3	12,3
Sistema IV – (50% milho após nabo)	29,7	0,3	0,0	23,3	13,3
Sistema V – (100% milho após nabo)	23,7	1,0	0,0	74,3	19,6
Sistema V – (100% milho após cevada)	17,0	0,7	0,0	54,0	23,1
Média	20,2	0,5	0,1	42,2	

TABELA 43 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Cephalosporium* sp.) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Cephalosporium</i> sp. (%)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema II – (25% milho após nabo)	6,0	0,0	0,0	0,0	1,5
Sistema III – (33% milho após nabo)	3,7	0,0	0,0	4,7	2,1
Sistema IV – (50% milho após nabo)	2,0	0,0	0,0	2,3	1,1
Sistema V – (100% milho após nabo)	2,0	0,0	0,0	0,3	0,6
Sistema V – (100% milho após cevada)	2,7	0,0	0,0	0,0	0,7
Média	3,3	0,0	0,0	1,5	

Os resultados de grãos ardidos em milho estão na Tabela 44. Para esta variável ocorreu interação entre os fatores ano e sistema. No verão 2000/2001, após a primeira safra de inverno, não ocorreram diferenças entre os sistemas. No verão 2001/2002 a percentagem de grãos ardidos de milho do sistema V (100% milho após cevada), monocultura milho – cevada, foi superior aos demais sistemas (7,7%). Também no Verão 2002/2003 o sistema V (100% milho após cevada), foi superior aos demais sistemas (16,3%), embora este sistema não diferiu do sistema V (100% milho após nabo) que apresentou em percentual de 10,0%. Na última safra, verão 2003/2004, não ocorreram diferenças entre os sistemas para grãos ardidos.

TABELA 44 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na percentagem de grãos de milho ardidos. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Grãos Ardidos (%)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema II – (25% milho após nabo)	†A 15,1 n.s. ‡	B 2,4 b	B 4,6 bc	B 3,2 n.s.	5,5
Sistema III – (33% milho após nabo)	A 14,8	B 1,8 b	B 5,0 bc	B 4,5	5,7
Sistema IV – (50% milho após nabo)	A 12,7	B 1,4 b	B 3,9 c	B 2,4	4,3
Sistema V – (100% milho após nabo)	A 14,5	C 2,6 b	AB 10,0 ab	BC 5,7	7,6
Sistema V – (100% milho após cevada)	AB 12,5	B 7,7 a	A 16,3 a	B 6,6	10,5
Média	13,9	2,9	7,4	4,3	
Coeficiente de Variação (%)	18,0				

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ‡ n.s. = Não significativo.

O rendimento de grãos de milho está apresentado na Tabela 45. Para esta variável ocorreu interação entre os fatores ano e sistema. No verão 2000/2001, no início do experimento, quando ainda não havia o efeito das diferentes rotações, não ocorreram diferenças entre os sistemas. No verão 2001/2002 o rendimento de milho do sistema IV (50% milho após nabo), com 9703 kg ha⁻¹, juntamente com o sistema III (33% milho após nabo), com 9557 kg ha⁻¹, foram superiores, embora o sistema III não diferiu estatisticamente do sistema II (25% milho após nabo), com 8628 kg ha⁻¹. O menor rendimento de grãos de milho ocorreu no sistema V (100% milho após cevada), monocultura milho – cevada, com 7328 kg ha⁻¹, embora não tenha diferido do sistema V (100% milho após nabo), monocultura milho – nabo, com 7904 kg ha⁻¹. No verão 2002/2003 o rendimento de milho do sistema IV (50% milho após nabo), com 10918 kg ha⁻¹, juntamente com o sistema III (33% milho após nabo), com 9901 kg ha⁻¹, foram superiores, embora o sistema III não diferiu estatisticamente do sistema II (25% milho após nabo), com 9605 kg ha⁻¹. O menor rendimento de grãos de milho nesta safra ocorreu no sistema V (100% milho após cevada) com 5774 kg ha⁻¹. Na última safra deste experimento, verão 2003/2004, os rendimentos dos sistemas II (25% milho após nabo), com 12436 kg ha⁻¹, IV (50% milho após nabo), com 12132 kg ha⁻¹ e III (33% milho após nabo), com 11605 kg ha⁻¹ foram superiores aos demais. Apresentando a mesma tendência das safras anteriores, os sistemas V (100% milho após cevada), com 8723 kg ha⁻¹ e V (100% milho após nabo), com 9278 kg ha⁻¹, foram inferiores aos demais. Considerando o período total de quatro safras de milho do experimento pode-se afirmar que os sistemas de rotação

com 25, 33 e 50% milho apresentaram rendimentos superiores de grãos de milho e que os sistemas com monocultura de milho apresentaram rendimentos inferiores.

TABELA 45 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas no rendimento de grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema II – (25% milho após nabo)	†B 9420 n.s.‡	B 8628 ab	B 9605 b	A12436 a	10022
Sistema III – (33% milho após nabo)	B 8987	B 9557 a	B 9901 ab	A11605 a	10013
Sistema IV – (50% milho após nabo)	BC 9913	C 9703 a	B 10918 a	A12132 a	10667
Sistema V – (100% milho após nabo)	A 9324	B 7904 bc	AB 8341 c	A 9278 b	8712
Sistema V – (100% milho após cevada)	A 9127	B 7328 c	C 5774 d	A 8723 b	7738
Média	9354	8624	8908	10834	
Coeficiente de Variação (%)	5,7				

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ‡ n.s.= não significativo.

Na Tabela 46 são apresentados os coeficientes de correlação entre as variáveis de milho. Não foram encontrados coeficientes de correlação significativos acima de 0,7, resultado este provavelmente relacionado ao grande número de variáveis que apresentaram variações não homogêneas.

TABELA 46 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagem da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

	ZEA	Grãos c/ <i>Fusarium</i> spp.	Grãos c/ <i>Fusarium</i> <i>graminearum</i>	Grãos c/ <i>Fusarium</i> <i>moniliforme</i>	Grãos c/ <i>Diplodia</i> sp.	Grãos c/ <i>Cephalos-</i> <i>porium</i> sp.	Grãos ardidos	Rendimento grãos
	Coeficiente de correlação (r)							
DON	- 0,12 n.s.	- 0,45 **	0,03 n.s.	- 0,26 *	0,07 n.s.	- 0,37 **	- 0,11 n.s.	0,05 n.s.
ZEA	-	- 0,04 n.s.	- 0,03 n.s.	- 0,03 n.s.	- 0,01 n.s.	0,32 *	- 0,11 n.s.	- 0,16 n.s.
Grãos c/ <i>Fusarium</i> spp.	-	-	0,03 n.s.	0,46 **	0,08 n.s.	0,46 **	0,58 **	- 0,02 n.s.
Grãos c/ <i>Fusarium graminearum</i>	-	-	-	0,27 *	0,27 *	0,39 **	- 0,12 n.s.	0,45 **
Grãos c/ <i>Fusarium moniliforme</i>	-	-	-	-	0,57 **	0,45 **	0,41 **	0,34 **
Grãos c/ <i>Diplodia</i> sp.	-	-	-	-	-	0,11 n.s.	0,13 n.s.	0,20 n.s.
Grãos c/ <i>Cephalosporium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0,33 **	0,13 n.s.
Grãos ardidos	-	-	-	-	-	-	-	- 0,40 **

* significativo com $P < 0,05$, ** significativo com $P < 0,01$, n.s.= não significativo

3.5 CULTURA DA SOJA

As incidências das doenças do sistema radicular das plantas de soja são apresentadas nas Tabelas 47 a 50. Para a incidência de plantas com podridão vermelha da raiz, causada por *Fusarium solani*, as variâncias não foram homogêneas (Tabela 47). Na Tabela 48 estão os resultados de incidência de plantas com podridão parda da haste, causada por *Phialophora gregata*, sintoma forte (PPHForte). Como não ocorreu interação entre os fatores ano e sistema, foram analisadas as médias de três anos e dos quatro sistemas. Nas médias entre os diferentes anos, o verão 2002/2003, com 13,3% e 2003/2004, com 10,7%, apresentaram as maiores incidências para PPHForte, embora o verão 2003/2004 não diferiu do verão 2001/2002, com 5,2%. Ao se comparar as médias dos diferentes sistemas, os sistemas I (0% milho) – monocultura soja – cevada e o II (25% milho), apresentaram as maiores incidências de plantas com PPHForte, com valores de 23,2 e 10,6% respectivamente. As menores incidências ocorreram nos sistemas IV – (50% milho), com 3,5% e III – (33% milho), com 7,4%, embora este último não diferiu do sistema II (25% milho).

Para a incidência de plantas com podridão parda da haste com sintoma fraco (PPHFraco) (Tabela 49) e para a incidência de plantas de soja com sintomas de mofo branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum* (Tabela 50) as variâncias não foram homogêneas. Em vista destes resultados de avaliações de raízes de plantas de soja, pode-se afirmar que o aumento da participação da cultura do milho na rotação de culturas teve efeito de diminuir somente a incidência da doença de raiz podridão parda da haste, causada por *Phialophora gregata*, quando da manifestação de sintoma forte.

TABELA 47 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de *Fusarium solani* no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2001/2002 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Plantas com <i>Fusarium solani</i> (%)			
	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	Média
Sistema I – (0% milho)	0,0	1,7	8,5	3,4 ns
Sistema II – (25% milho)	0,5	2,6	9,0	4,0
Sistema III – (33% milho)	0,0	0,3	5,7	2,0
Sistema IV – (50% milho)	0,0	0,9	6,7	2,5
Média	0,1	1,4	7,5 ns	

TABELA 48 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de *Phialophora gregata* – sintoma forte (PPHForte), no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2001/2002 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Plantas com PPHForte (%)			
	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	Média
Sistema I – (0% milho)	13,5	32,4	28,1	23,2 a †
Sistema II – (25% milho)	12,2	15,1	6,3	10,6 ab
Sistema III – (33% milho)	4,8	8,5	9,8	7,4 bc
Sistema IV – (50% milho)	0,4	7,2	7,2	3,5 c
Média	† B 5,2	A 13,3	AB 10,7	
Coefficiente de Variação (%)	30,8			

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 49 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de *Phialophora gregata* – sintoma fraco (PPHFraco), no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2001/2002 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Plantas com PPHFraco (%)			Média
	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema I – (0% milho)	7,3	25,3	51,8	28,1
Sistema II – (25% milho)	7,0	21,6	53,1	27,2
Sistema III – (33% milho)	4,2	19,2	58,6	27,3
Sistema IV – (50% milho)	0,0	17,1	51,2	22,8
Média	4,6	20,8	53,7	

TABELA 50 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na incidência de *Sclerotinia sclerotiorum* em plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2001/2002 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Plantas com <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (%)			Média
	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema I – (0% milho)	1,7	0,0	0,0	0,6
Sistema II – (25% milho)	2,3	0,0	0,0	0,8
Sistema III – (33% milho)	1,0	0,0	0,0	0,3
Sistema IV – (50% milho)	3,0	0,0	0,0	1,0
Média	2,0	0,0	0,0	

Alguns meses após a colheita dos grãos de soja, amostras foram encaminhadas para o laboratório para determinação da patologia dos grãos. Os resultados das incidências de grãos de soja com *Fusarium* spp., *Penicillium* sp., *Phomopsis* sp. e *Cercospora kikuchii* estão respectivamente nas Tabelas 51, 52, 53 e 54. Somente a variável incidência de grãos com *Penicillium* sp. apresentou variâncias homogêneas. Para esta variável, não ocorreram diferenças entre os sistemas de rotação, mas somente entre os anos (Tabela 52).

TABELA 51 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Fusarium* spp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium</i> spp. (%)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema I – (0% milho)	6,3	1,0	0,7	2,7	2,7
Sistema II – (25% milho)	19,7	2,3	0,0	2,0	6,0
Sistema III – (33% milho)	20,3	2,3	1,7	4,0	7,1
Sistema IV – (50% milho)	23,7	0,0	1,7	4,0	7,3
Média	17,5	1,4	1,0	3,2	

TABELA 52 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Penicillium* sp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2001/2002 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Penicillium</i> sp. (%)			Média
	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema I – (0% milho)	27,5	0,5	7,3	11,8
Sistema II – (25% milho)	24,0	3,1	18,8	15,3
Sistema III – (33% milho)	19,4	4,0	19,8	14,4
Sistema IV – (50% milho)	17,9	5,6	18,8	14,1
Média	† A 22,0	B 3,1	A 15,7	
Coeficiente de Variação (%)	27,9			

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 53 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Phomopsis* sp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Phomopsis</i> sp. (%)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema I – (0% milho)	11,7	0,0	0,0	0,7	3,1
Sistema II – (25% milho)	10,3	1,3	0,3	1,7	3,4
Sistema III – (33% milho)	10,7	0,0	2,3	1,0	3,5
Sistema IV – (50% milho)	11,7	0,0	1,3	0,0	3,3
Média	11,1	0,3	1,0	0,8	

TABELA 54 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na patologia (percentual de grãos com *Cercospora kikuchii*) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Cercospora kikuchii</i> (%)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema I – (0% milho)	13,0	0,0	0,0	0,0	3,3
Sistema II – (25% milho)	24,7	1,3	0,0	0,0	6,5
Sistema III – (33% milho)	26,7	0,0	0,7	2,0	7,3
Sistema IV – (50% milho)	39,7	0,0	0,0	0,0	9,9
Média	26,0	0,3	0,2	0,5	

O rendimento de grãos de soja está na Tabela 55. Para esta variável ocorreu interação entre os fatores ano e sistema. No verão 2000/2001, no início do experimento, quando ainda não havia o efeito das diferentes rotações, não ocorreram diferenças entre os sistemas. No verão 2001/2002 o rendimento de soja do sistema IV (50% milho), com 3175 kg ha⁻¹ foi superior ao sistema I (0% milho) – monocultura soja, com 2721 kg ha⁻¹. No verão 2002/2003 não ocorreram diferenças entre os sistemas para rendimento de grãos de soja. Na última safra deste experimento, verão 2003/2004, quando o efeito da rotação já estava sedimentado, o rendimento do sistema IV (50% milho), com 2995 kg ha⁻¹ foi superior aos demais. Os sistemas II (25% milho), com 2646 kg ha⁻¹ e III (33% milho), com 2630 kg ha⁻¹ não apresentaram diferenças. Já o sistema I (0% milho) – monocultura soja, foi inferior aos demais com 2350 kg ha⁻¹. Considerando o período total de 4 safras de soja do experimento pode-se afirmar que

existe uma tendência de aumento de rendimento de grãos ao se passar da monocultura de soja para um sistema de rotação que contemple participações crescentes do milho até um patamar de 50%.

TABELA 55 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas no rendimento de grãos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

Sistemas de produção	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)				Média
	Verão 2000/2001	Verão 2001/2002	Verão 2002/2003	Verão 2003/2004	
Sistema I – (0% milho)	†A 3415 n.s. ‡	B 2721 b	B 2813 n.s.	C 2350 c	2825
Sistema II – (25% milho)	A 3511	B 2929 ab	BC 2870	C 2646 b	2989
Sistema III – (33% milho)	A 3409	B 2960 ab	B 2921	C 2630 b	2980
Sistema IV – (50% milho)	A 3481	B 3175 a	C 2832	BC 2995 a	3120
Média	3454	2946	2859	2656	
Coeficiente de Variação (%)	4,1				

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ‡ n.s. = Não significativo.

Na Tabela 56 são apresentados os coeficientes de correlação entre as variáveis de soja. Não foram encontrados coeficientes de correlação significativos acima de 0,7, resultado este, provavelmente, relacionado ao grande número de variáveis que apresentaram variações não homogêneas.

TABELA 56 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

	Coeficiente de correlação (r)							
	PPHForte	PPHFraco	Plantas c/ Sclerotinia	Grãos c/ <i>Fusarium</i> sp.	Grãos c/ <i>Penicillium</i> sp.	Grãos c/ <i>Phomopsis</i> sp.	Grãos c/ <i>Cercospora</i>	Rendimento grãos
<i>Fusarium solani</i>	0,10 n.s.	0,69 **	- 0,38 *	0,14 n.s.	0,05 n.s.	- 0,03 n.s.	0,02 n.s.	- 0,36 *
PPHForte	-	0,29 n.s.	- 0,58 **	0,04 n.s.	- 0,17 n.s.	- 0,04 n.s.	0,03 n.s.	- 0,20 n.s.
PPHFraco	-	-	- 0,63 **	0,31 n.s.	- 0,03 n.s.	0,04 n.s.	0,15 n.s.	- 0,33 *
Plantas c/ Sclerotinia	-	-	-	- 0,20 n.s.	0,31 n.s.	- 0,08 n.s.	0,00 n.s.	0,26 n.s.
Grãos c/ <i>Fusarium</i> sp.	-	-	-	-	0,32 n.s.	0,15 n.s.	0,29 n.s.	- 0,37 *
Grãos c/ <i>Penicillium</i> sp.	-	-	-	-	-	0,02 n.s.	0,23 n.s.	0,08 n.s.
Grãos c/ <i>Phomopsis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	0,16 n.s.	- 0,22 n.s.
Grãos c/ <i>Cercospora</i>	-	-	-	-	-	-	-	- 0,16 n.s.

* significativo com $P < 0,05$, ** significativo com $P < 0,01$, n.s.= não significativo

3.6 MONITORAMENTO ESPOROS DO AR

Nas Figuras 9, 10, 11 e 12 são apresentados o número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm⁻² em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais durante os invernos de 2000 a 2003. Primeiro foram comparados os diferentes cereais dentro de cada inverno. No inverno de 2000 foram obtidas 0,8 e 0,9 colônias de *Fusarium* spp. por cm⁻², durante o período de espigamento (7 dias antes e 10 dias após a data de espigamento) das parcelas de cevada do sistema I sem palha de milho e os outros sistemas com palha de milho respectivamente (Figura 9). Ainda no inverno de 2000, o número médio de colônias durante o espigamento de trigo foi de 2,4, bem acima do número médio obtido durante os espigamento das parcelas de cevada (0,8 e 0,9 colônias de *Fusarium* spp.). Entretanto este maior número médio de colônias durante o espigamento do trigo não resultou em um acréscimo nos teores de DON (4,5 ppm) e ZEA (204,3 ppb) produzidos nos grãos de trigo (Tabelas 23 e 24), nas mesmas proporções que foram encontradas nos grãos de cevada (DON 10,2 ppm Tabela 14 e ZEA 733,9 ppb Tabela 15). Naquele inverno não foi realizada a determinação de incidência de espigas gibereladas e percentual de grãos colhidos giberelados em trigo, não sendo possível a comparação com as estas variáveis de cevada.

No inverno de 2001 foram obtidas por dia 0,3 colônias de *Fusarium* spp. por cm⁻², durante o período de espigamento das parcelas de cevada, 0,5 colônias durante emissão panículas da aveia e 1,2 colônias durante o período de espigamento do trigo (Figura 10). O maior número médio de colônias no espigamento do trigo refletiu em uma maior quantidade média de doenças (Tabelas 26 e 27), quando comparada com as mesmas variáveis de cevada (Tabelas 16 e 17). À semelhança do inverno de 2000, mesmo tendo maior quantidade de colônias, menores teores de DON (3,9 ppm Tabela 23) e ZEA (3,1 ppb Tabela 24) foram encontrados nos grãos de trigo quando comparadas aos teores destas toxinas nos grãos de cevada (DON 6,6 ppm Tabela 14 e ZEA 17,0 ppb Tabela 15), indicando que as condições de entrada dos esporos e a produção de micotoxinas são diferentes entre esses dois cereais.

O número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm⁻² no inverno de 2002 no período de espigamento das parcelas de cevada, aveia e trigo foram 1,2, 1,6 e 2,1 respectivamente (Figura 11). Embora o número de colônias que ocorreram entre os períodos de espigamento de cevada e trigo não sejam muito diferentes, ocorreu um maior percentual de grãos colhidos giberelados no trigo (1,5% Tabela 27), quando comparado com a mesma

variável em cevada (0,3% Tabela 17). Ao contrário dos anos anteriores esta maior quantidade de doença em trigo, refletiu em maiores teores médios de DON nos grãos (7,3 ppm Tabela 23), quando comparado a cevada (1,8 ppm Tabela 14) e de ZEA em grãos de trigo (942,9 ppb Tabela 24), quando comparado a cevada (74,9 ppb Tabela 15). No inverno de 2003 o número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm² no período de espigamento das parcelas de cevada, aveia e trigo foram 0,8, 1,1 e 1,2 respectivamente (Figura 12).

O número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm² durante o período de espigamento da cevada nos invernos de 2000 (Figura 9), 2001 (Figura 10) e 2002 (Figura 11) são 0,8 (sistema I - 0% milho - 2000) e 0,9 (outros sistemas com palha milho - 2000), 0,3 (2001) e 1,2 (2002) respectivamente. Observou-se que mesmo tendo o menor número médio de colônias durante o espigamento de cevada (0,3), o inverno de 2001 apresentou alta incidência de espigas gibereladas (16,3% Tabela 16) e altos teores de DON (6,6 ppm Tabela 14) e baixos de ZEA (17,0 ppb Tabela 15). Em contraste, o inverno de 2002 apresentou o maior número médio de colônias durante o espigamento (1,2), as menores quantidades de doença (4,3% de espigas gibereladas e 0,3% grãos giberelados por espiga) e o menor teor médio de DON (1,8 ppm). A comparação do trigo entre os diferentes anos também não apresentou uma tendência de aumento entre o número de colônias no espigamento, doença e teores de micotoxinas, indicando novamente que não existe ainda uma correlação direta e esperada entre o número médio de colônias durante o espigamento, condições ambientais e doenças e produção de micotoxinas entre os diferentes cereais estudados.

De maneira geral, obteve-se maior consistência nas comparações de monitoramento de esporos, quando foram comparadas as parcelas de cevadas e trigos, dentro do mesmo inverno. A tendência de aumento do número médio de colônias *Fusarium* spp. por cm² durante o espigamento do trigo, quando comparado com cevada, refletiu no aumento da doença giberela nas plantas (inverno 2001), mas não refletiu nos teores médios de toxinas nos grãos (inverno 2000 e 2001). Já para cevada, menores números médios de colônias *Fusarium* spp. por cm² durante o espigamento, quando comparado com trigo, refletiram em menores quantidades de giberela nas plantas (inverno 2000 e 2001), mas em maiores teores médios de toxinas nos grãos (inverno 2000 e 2001).

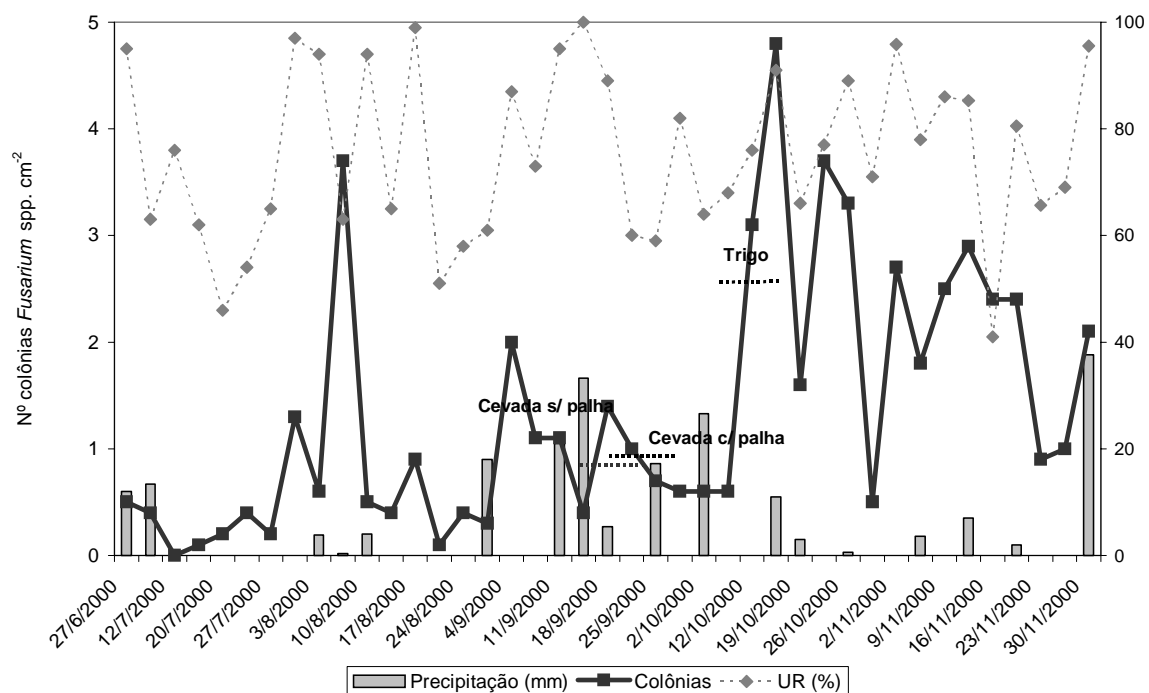


FIGURA 9 - Número médio de colônias de *Fusarium* spp por cm² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, inverno de 2000.

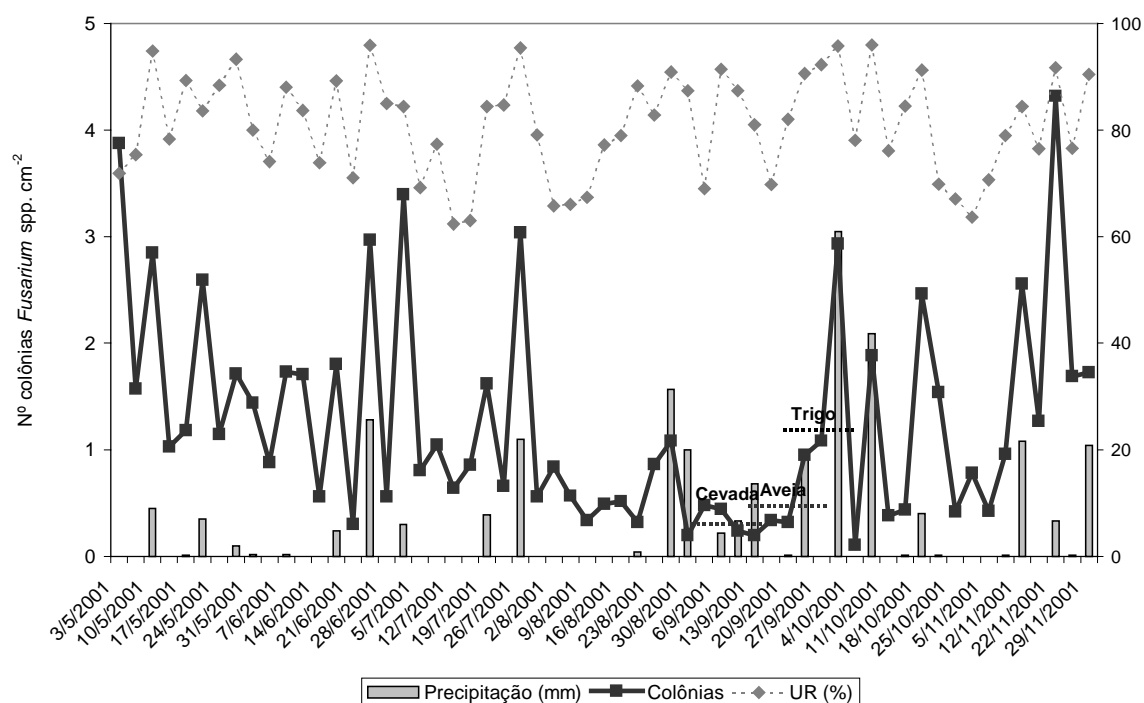


FIGURA 10 - Número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, inverno de 2001.

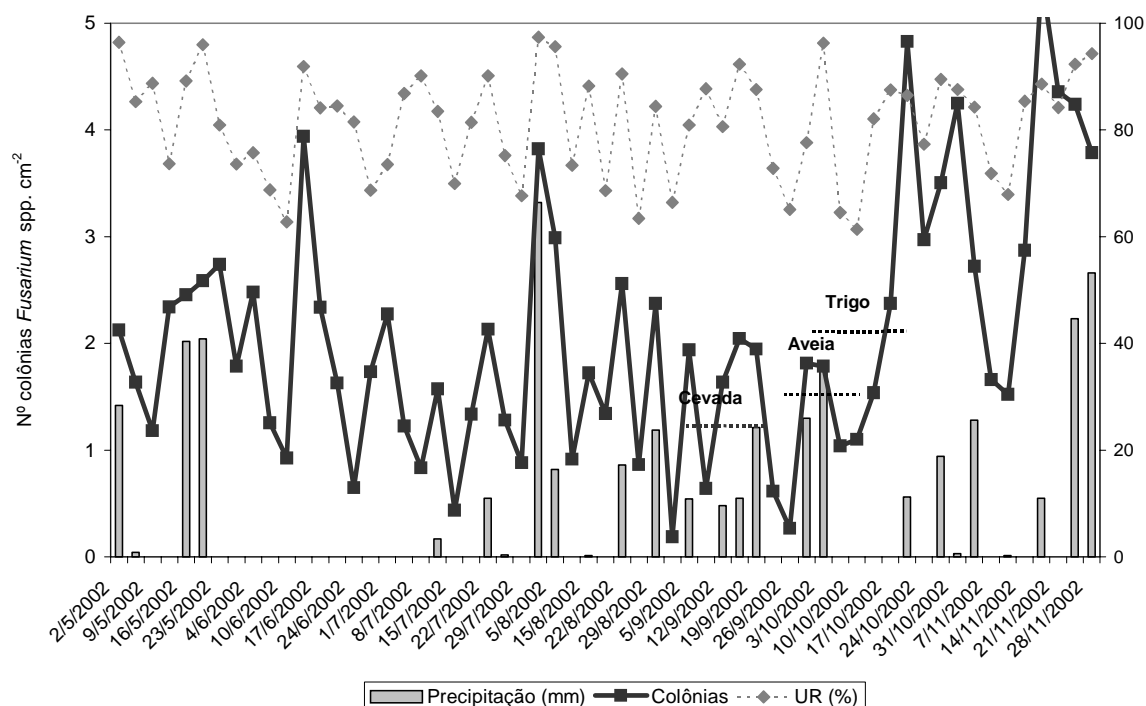


FIGURA 11 - Número médio de colônias de *Fusarium* spp por cm² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, inverno de 2002.

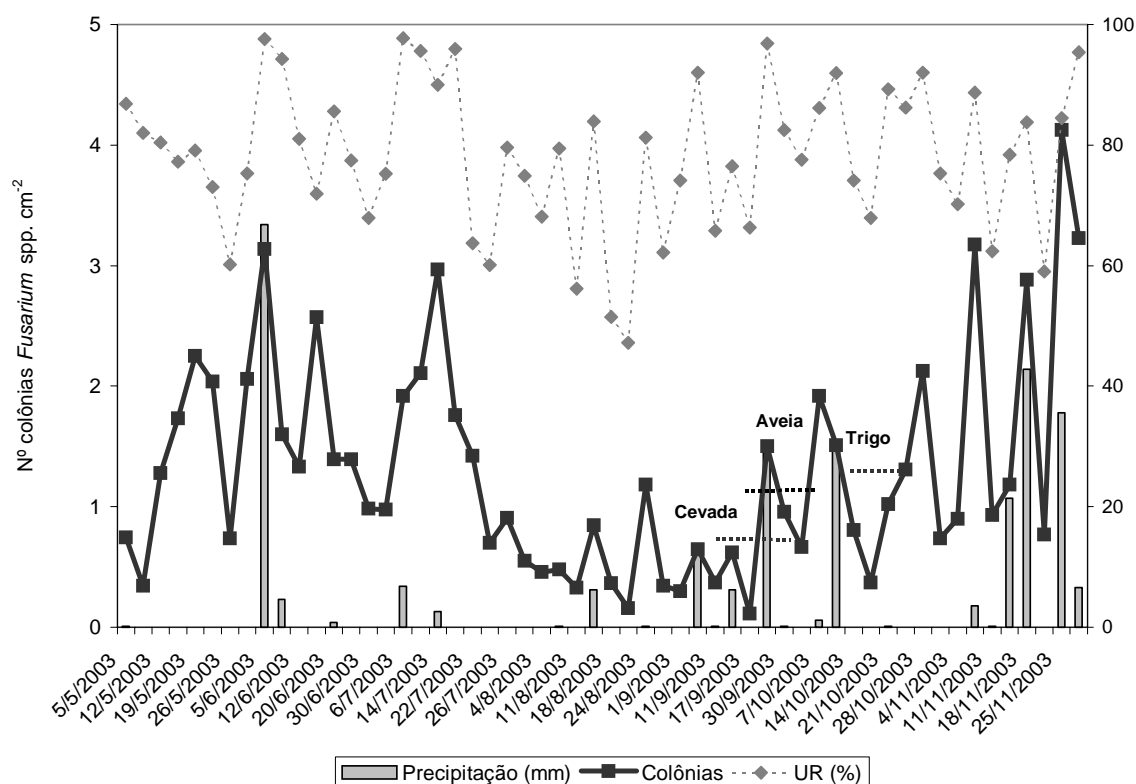


FIGURA 12 - Número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, inverno de 2003.

Nas Figuras 13, 14, 15 e 16 são apresentados o número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm² em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais durante os verões de 2000/2001 a 2003/2004. Primeiro serão comparados os milhos semeados em 1ª e 2ª época dentro de cada safra de verão. No verão de 2000/2001 foram obtidas 2,1 e 2,2 colônias de *Fusarium* spp. por cm², durante o período de florescimento das parcelas de milho da 1ª e 2ª época respectivamente (Figura 13). Nesta primeira safra do experimento esta quantidade de esporos no ar não foi suficiente para produzir DON nos grãos de milho (Tabela 37). Entretanto, ocorreu maior produção de ZEA no milho de 2ª época (63,0 ppb, dados obtidos a partir da Tabela 38), quando comparado à média dos tratamentos de milho de 1ª época (32,4 ppb, Tabela 38). No verão de 2001/2002, o número médio de colônias durante o floração do milho de 2ª época (1,9 colônias) foi maior ao do milho da 1ª época (1,1 colônias) (Figura 14). Esta maior quantidade de esporos no ar na 2ª época não ocasionou diferentes teores de DON entre os grãos de milho obtidos a partir das duas épocas, mas ocasionou maiores teores de ZEA nos grãos de milho da 2ª época (159,3 ppb), quando comparado a média dos teores de ZEA no milho da 1ª época (62,3 ppb, Tabela 38). Tendência semelhante ocorreu no verão de 2002/2003, quando o número médio de colônias durante o floração do milho de 2ª época (3,1 colônias) foi maior ao do milho da 1ª época (1,7 colônias) (Figura 15). Também não ocorreram diferenças entre os teores de DON nos grãos de milho obtidos a partir das duas épocas. Mas os teores de ZEA nos grãos de milho da 2ª época (17,2 ppb) foram um pouco maiores que a média dos teores da 1ª época (7,2 ppb, Tabela 38). Embora o número médio de colônias tenha sido semelhante na 1ª (2,3 colônias) e 2ª (2,1 colônias) épocas no verão 2003/2004 (Figura 16), os teores de DON no grãos foram muito semelhantes (0,2 e 0,4 ppm, Tabela 37). Também interessante observar que não obstante o número médio de colônias tenha sido semelhante entre as duas épocas, novamente ocorreu uma tendência de maior produção de ZEA nos grãos de milho da 2ª época (53,7 ppb), quando comparado com a 1ª época (35,1 ppb, Tabela 38).

Ao observar o conjunto das figuras referentes aos quatro verões pode-se afirmar que houve tendência de maior ocorrência de esporos no ar durante o período de florescimento das parcelas de milho da 2ª época (número médio de colônias nos quatro anos 2,3 esporos), quando comparados ao período de florescimento das parcelas de milho da 1ª época (número médio de colônias nos quatro anos 1,8 esporos). Infere-se também que esta maior quantidade de esporos na 2ª época não ocasionou produção diferenciada de DON (teor médio DON nos quatro anos 0,2 ppm na 1ª e 2ª épocas), mas contribuiu para

dobrar a produção de ZEA nos grãos de milho (teor médio ZEA nos quatro anos 34,3 ppb na 1ª e 73,3 ppb na 2ª época).

Levando em consideração o período total de quatro anos seguidos de monitoramento, o número médio de colônias durante a condução dos cereais de inverno foram de 1,3, 1,2, 2,1 e 1,3, perfazendo uma média de 1,5 colônias de *Fusarium* spp. por cm^{-2} . O número médio de colônias durante a condução das lavouras de verão foram de 1,9, 1,6, 2,9 e 2,6, perfazendo uma média de 2,3 colônias de *Fusarium* spp. por cm^{-2} . Devido a estas observações, inferiu-se a ocorrência de uma maior quantidade de esporos *Fusarium* spp. durante os meses em que foram conduzidas as lavouras de verão quando comparado aos meses em que foram conduzidas as lavouras de inverno, fato este provavelmente relacionado as diferentes condições climáticas entre estes períodos.

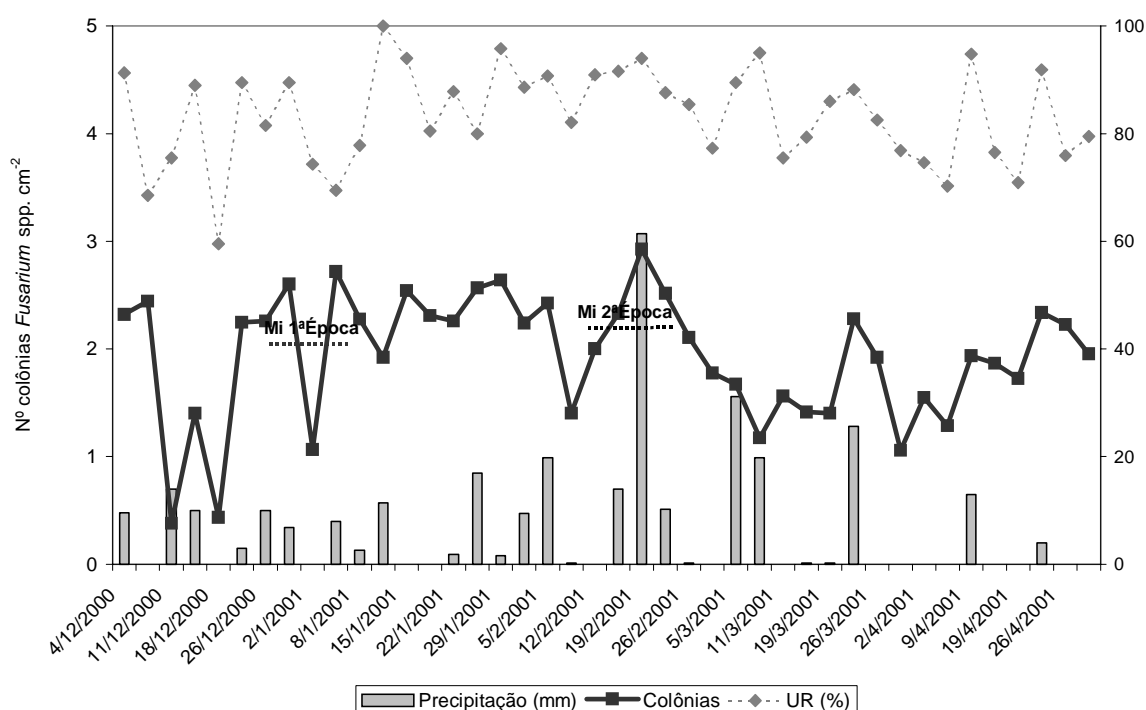


FIGURA 13 - Número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm^{-2} e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, verão de 2000/2001.

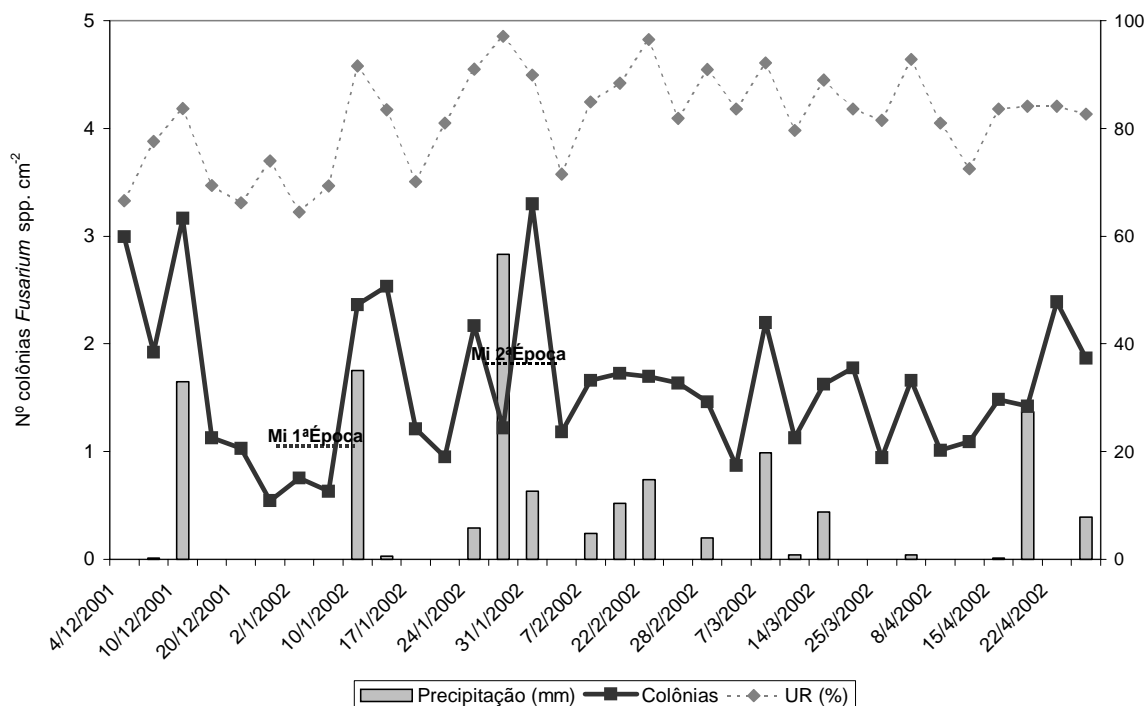


FIGURA 14 - Número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, verão de 2001/2002.

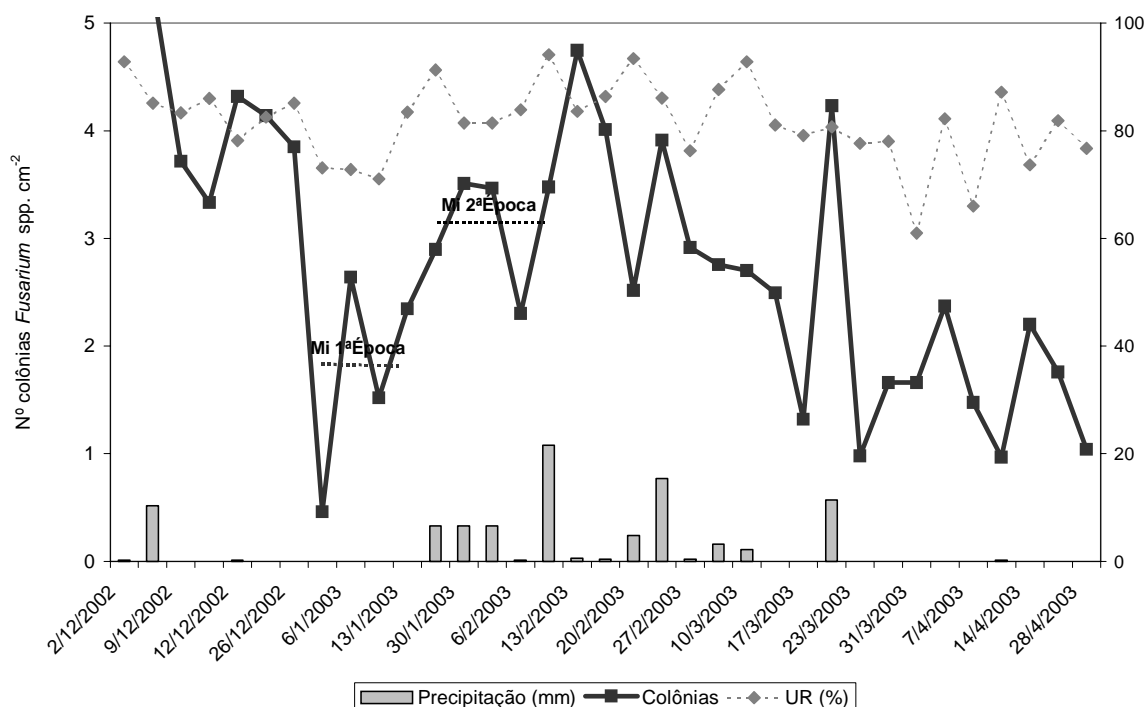


FIGURA 15 - Número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, verão de 2002/2003.

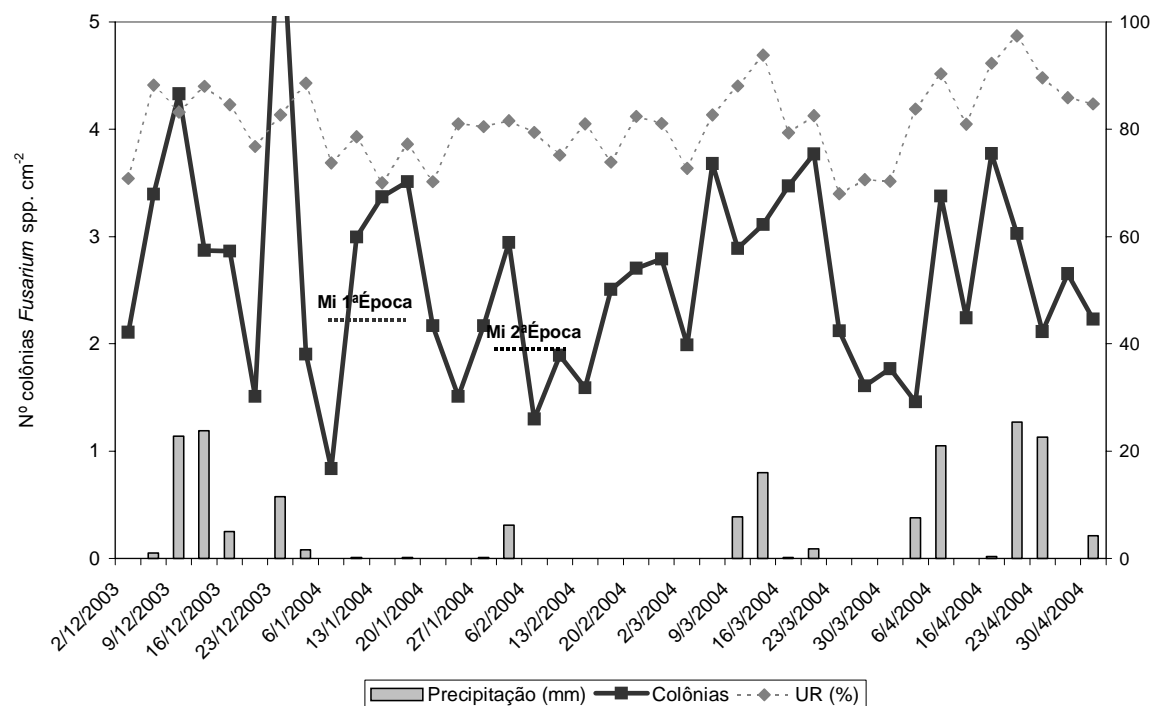


FIGURA 16 - Número médio de colônias de *Fusarium* spp. por cm² e condições ambientais em nove placas instaladas em coletores de esporos durante período de 24 h, com duas coletas semanais. FAPA, Guarapuava, PR, verão de 2003/2004.

4 CONCLUSÕES

A hipótese específica deste capítulo foi negada pois a diminuição da palha do milho em plantio direto, via sistema rotação e sucessão de culturas, não diminuiu a ocorrência de giberela e a quantidade das micotoxinas DON e ZEA produzidas nas culturas de verão (milho) e de inverno (cevada e trigo). O aumento da participação de milho na rotação e sucessão de culturas em sistema de plantio direto não aumentou a ocorrência de giberela e micotoxinas DON e ZEA nos grãos produzidos nas culturas de verão (milho) e de inverno (cevada e trigo) na região de Guarapuava, PR. Foi evidenciado, principalmente para a cevada, que em anos de epidemia de giberela, o fator preponderante para ocorrer maior incidência da doença e conseqüentes maiores teores de micotoxinas, é a condição climática no momento do espigamento das plantas e não a quantidade ou origem da palha da cultura antecessora. Também ficou evidente a correlação entre as variáveis “produção de ZEA e de DON” e “percentual de grãos colhidos giberelados” indicando a possibilidade de uso desta avaliação de giberela, como preditor de contaminação de grãos de cevada por DON e ZEA após a colheita.

Os resultados mais consistentes deste capítulo foram obtidos para a cultura da cevada. Parte das inconsistências dos resultados para as culturas do trigo e milho, que se refletiram em variâncias não homogêneas, foi devida aos baixos teores de DON e ZEA encontrados em milho, a possíveis falhas na amostragem, bem como as falhas do método de determinação das micotoxinas.

Considerando que o aumento da participação do milho na rotação não modificou a ocorrência da giberela e a produção das micotoxinas DON e ZEA e que os rendimentos de grãos de cevada, milho e soja foram iguais, na maioria dos anos, quando a participação foi de 25, 33, 50%, os resultados sugerem que os agricultores da região centro-sul do Paraná podem aumentar a participação do milho na rotação, antecedendo a cevada, até um patamar de 50%.

Embora sem importância direta com os objetivos propostos, os sistemas de rotação também influenciaram grãos ardidos em milho e a doença radicular em soja podridão parda da haste, causada por *Phialophora gregata* com sintoma forte, onde as monoculturas favoreceram o aumento destas duas variáveis.

CAPÍTULO II

MANEJO DA PALHA DO MILHO E TEORES DE MICOTOXINAS NOS GRÃOS

1 INTRODUÇÃO

No planejamento do experimento foram propostos sistemas alternativos que diminuíssem a palha do milho, caso a hipótese no capítulo I fosse comprovada, na qual haveria uma estreita ligação entre maior incidência de giberela, micotoxinas e a palha do milho. Apesar da hipótese do capítulo I ter sido negada, na qual foi concluído que a diminuição da palha do milho via rotação e sucessão de culturas não diminuiu a giberela e a quantidade de DON e ZEA, são apresentados os resultados do capítulo II, que reforçam os resultados obtidos no primeiro capítulo.

Alguns trabalhos revisados (STEWART e PEREYRA 1999; DILL-MACKY e SALAS 2002), que eliminaram a palhada com fogo foram efetivos para a diminuição do potencial do inóculo de patógenos necrotróficos. Entretanto, faltam informações de experimentos de longa duração com plantio direto, que relatem os possíveis benefícios em diminuir a quantidade de palha no sistema. A hipótese específica deste capítulo foi que se a quantidade da palha do milho em plantio direto for diminuída, via estímulo à degradação com manejo de fertilizantes, então diminuirá a ocorrência de giberela e a quantidade das micotoxinas DON e ZEA produzidas nas culturas milho e de cevada. Para tanto o objetivo foi estudar o efeito da aceleração da degradação da palha de milho na redução da giberela e das micotoxinas DON e ZEA nos grãos produzidos nas culturas de milho e de cevada na região de Guarapuava, PR.

2 METODOLOGIA

A área experimental foi cultivada, anteriormente, com cevada, trigo, aveia branca e nabo no inverno e soja e milho no verão, sendo que o ensaio foi semeado em palhada de milho. Observa-se na Tabela 57 que no sistema IV alternativo - 3 (50% milho, sem palha do milho) foi retirada a palhada do cereal. Os conjuntos de sistemas foram diferenciados pela utilização de uréia, de fertilizante orgânico e da retirada da palha de milho em pré-semeadura da cevada, em sucessão imediata à cultura do milho conforme Tabela 57: sistema IV alternativo - 1 (50% milho, com uréia após milho); sistema IV alternativo - 2 (50% milho, com fertilizante orgânico após milho) e sistema IV alternativo - 3 (50% milho, sem palha do milho). Os três sistemas foram comparados ao sistema IV (50% milho com palha de milho) do primeiro conjunto de sistemas. Os manejos da palhada do milho foram realizados em dois momentos, sendo um no início do experimento, no outono de 2000 e o outro dois anos após, no final de um ciclo de rotação (cevada / soja / nabo / milho). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições com os tratamentos formados a partir do arranjo fatorial entre os efeitos ano e sistema de manejo de palha. O fator sistema de manejo foi composto pela utilização de uréia, de fertilizante orgânico, pela retirada da palha de milho, e foram comparados com palha de milho. Cada repetição foi instalada em área uniforme. Entretanto os três blocos foram instalados em área não contígua, mas no mesmo talhão (mesmo histórico de rotação e sucessão de culturas e manejo). As parcelas foram constituídas por 9 m de frente por 10 m de comprimento, perfazendo 90 m². A área útil colhida foi variável entre as culturas, perfazendo em torno de 6 m de frente por 10 m de comprimento, ficando 1,5 m em cada lado como “barreira da cultura”. O espaçamento entre as parcelas foi de 3,2 m onde foi semeada barreira (Figura 1 do Capítulo I). No inverno a barreira foi o nabo forrageiro, semeado no início de maio, antes da semeadura das culturas do inverno. Já a barreira semeada no verão foi a cultura da soja, semeada antes das culturas de verão. A largura do corredor interno, bem como os corredores da frente, do fundo e da lateral do bloco, foi de 8 m, possibilitando desta maneira a manobra de maquinário comercial, bem como a semeadura da barreira. As barreiras, tanto entre parcelas, bem como dos corredores interno, frente, fundo e lateral foram colhidas e retiradas a palhada para não influir nos sistemas. Durante a condução dos experimentos todas as operações foram realizadas com maquinário comercial procurando simular as condições dos agricultores em lavouras comerciais.

TABELA 57 - Ensaio sistemas visando a degradação da palha do milho, com rotação de 50% milho

Sistemas de produção	Safrá									
	V 99/2000	I 2000	V 2000/2001	I 2001	V 2001/2002	I 2002	V 2002/2003	I 2003	V 2003/2004	
Sistema Palha milho (50% milho)	milho	cevada	soja	nabo	milho†	cevada	soja	nabo	milho	
Sistema IV alt-1 (50% milho)	milho/uréia	cevada	soja	nabo	milho/uréia	cevada	soja	nabo	milho	
Sistema IV alt-2 (50% milho)	milho/fert. orgâ	cevada	soja	nabo†	milho/fert. orgâ	cevada	soja	nabo	milho	
Sistema IV alt-3 (50% milho)	milho/sem palha	cevada	soja	nabo†	milho sem palha	cevada	soja	nabo	milho	

† Fim de um ciclo de rotação.

No início do experimento, em outono de 2000, foi coletado e armazenado 2000 l de esterco suíno da Granja de Josef Stemmer, localizada na Colônia Jordãozinho, Guarapuava, PR, cuja análise química, realizada no laboratório da Fundação ABC, é apresentada na Tabela 58. Este foi o fertilizante orgânico distribuído nas parcelas. Também na mesma tabela estão os resultados da análise química do esterco suíno da Granja Novoselo, localizada na Colônia Vitória, Guarapuava, PR, realizada no laboratório da Fundação ABC, coletado, armazenado e posteriormente distribuído nas parcelas em 2002.

TABELA 58 - Análise química do fertilizante orgânico utilizado no tratamento palha de milho com fertilizante orgânico no outono de 2000 e 2002

Análise	Variável	Outono 2000	Outono 2002
Nitrogênio	N (%)	8,36 ‡	0,45 †
Fósforo-total	P ₂ O ₅ (%)	5,18	3,6 ‡
Potássio	K ₂ O (%)	6,86	0,47 ‡
Matéria seca a 65 °C	M.S. (%)	29,08	22,6
Matéria orgânica	M.O. (%)	6,09	19,1 †
Relação C/N	C/N	0,44	24,7 †

† Análise calculada sobre amostra bruta. ‡ Análise calculada sobre matéria seca.

Para o cálculo da quantidade de esterco a ser utilizada no outono de 2000, levou-se em consideração que em 100 litros de esterco continha 29,08 kg de MS (Matéria seca a 65 °C = 29,08%) e que em 100 kg de MS continha 8,36 kg de N (8,36%). Optou-se em adicionar 40 kg de N, e por regra de três chegou-se no valor de 478,5 kg de MS de esterco sólido para fornecer esta quantia de N. Entretanto, levando-se em consideração que o índice de eficiência de liberação dos nutrientes aplicados na forma orgânica para a forma mineral, é de somente 50% no primeiro ano (Tabela 59), dobrou-se o valor MS de esterco sólido (957 kg de MS ha⁻¹), para adicionar os 40 kg de N. Desta forma, se em 100 litros de esterco temos 29,08 kg de MS, para obter os 957 kg de MS ha⁻¹, por meio de regra de três chegou a quantidade de 3291 litros de esterco líquido por hectare.

TABELA 59 - Índice de eficiência de liberação dos nutrientes aplicados na forma orgânica para a forma mineral, em cultivos sucessivos

Nutriente	Índice de eficiência		
	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo
		(%)	
Nitrogênio	50	20	-
P ₂ O ₅	60	20	-
K ₂ O	100	-	-

Fonte: COMISSÃO DE FERTILIDADE, 1994.

Com relação ao cálculo do fósforo, ao aplicarmos os 3291 litros de esterco, que correspondeu aos 957 kg de MS de esterco, por regra de três, obteve-se o valor de 49,6 kg de P₂O₅. Como o índice de eficiência para o P₂O₅ é de somente 60% no primeiro cultivo (Tabela 59), tivemos a liberação de 29,8 kg de P₂O₅ para aquela primeira safra de cevada.

Cálculo semelhante foi realizado para determinar o quanto foi aplicado de K₂O com os 3291 litros de esterco líquido ha⁻¹. Se em 100 kg de MS, tínhamos 6,86 kg de K₂O (Tabela 58) em 957 kg de MS teremos 65,6 kg de K₂O todo disponível no 1º cultivo de cevada. Desta forma no dia quatro de maio de 2000, foi aplicado no tratamento sistema IV alternativo – 2 (50% milho, com fertilizante orgânico após milho), doravante denominado palha de milho com fertilizante orgânico, 3291 litros de esterco líquido ha⁻¹, que continha 40 kg de N, 29,8 kg de P₂O₅ e 65,6 kg de K₂O por hectare. Neste mesmo dia foi aplicado sobre a palhada do tratamento sistema IV alternativo – 1, doravante denominado por palha de milho com uréia, 40 kg de N por ha⁻¹ na forma de uréia, equivalente a dose de N aplicado no tratamento palha de milho com fertilizante orgânico. No momento da semeadura da cevada, igualou-se as quantidades de P₂O₅ e K₂O entre estes dois tratamentos, mais os tratamentos palha milho e sem palha de milho, por meio de adubação a lanço utilizando super fosfato simples e cloreto de potássio e uréia. Nas parcelas do sistema IV alternativo – 3 (50 % milho, sem palha do milho), doravante chamado sem palha milho, a palha de milho e de outras culturas anteriores foram retiradas. Na testemunha sistema IV (50% milho com palha de milho), doravante denominado palha de milho, a palha de milho não sofreu tratamento adicional.

O esterco líquido utilizado no outono de 2002, apresentou características diferentes do utilizado anteriormente (Tabela 58). Diferente também do início do experimento foi a decisão de incrementar a quantidade de N para 60 kg de N por ha⁻¹ na forma de uréia. Os cálculos da quantidade de fertilizante e de uréia a serem aplicados na palhada foram realizados de maneira semelhante á descrita acima, levando em consideração a análise química do esterco

suíno (Tabela 58) e os índices de eficiência (Tabela 59). Desta forma foi distribuído no tratamento palha de milho com fertilizante orgânico 26666 litros de esterco líquido ha⁻¹, que correspondeu a 6026 kg de MS de esterco. Esta quantidade de esterco foi equivalente aos 60 kg de N na forma de uréia que foi aplicada no tratamento palha de milho com uréia. A aplicação dos tratamentos na palhada do milho ocorreu no dia 27 de maio de 2002, 57 dias após a colheita do milho. No momento da semeadura da cevada, igualou-se as quantidades de P₂O₅ e K₂O entre estes dois tratamentos, e entre os tratamentos palha milho e sem palha milho, por meio de adubação a lanço utilizando super fosfato simples e cloreto de potássio e uréia. Nas parcelas do tratamento sem palha milho, a palha de cevada/soja/nabo/milho dos dois primeiros anos do experimento foi retirada. Na testemunha sistema palha de milho, a palha de milho não sofreu tratamento adicional.

2.1 CULTURAS DE INVERNO

As datas e densidades de semeadura, adubação de base e de cobertura da cultura da cevada e do nabo forrageiro do Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas no 2º conjunto de sistemas que objetivava a degradação da palha do milho, nos invernos de 2000 a 2003, estão na Tabela 60. Durante as duas safras de cevada foram utilizadas a cultivar EMBRAPA 128 e durante as duas safras de inverno com cobertura pré-milho foi utilizado o nabo forrageiro comum.

TABELA 60 - Data e densidade de semeadura, adubação de base e de cobertura das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas - 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava inverno 2000 a 2003

Safra	Data de semeadura	Densidade de semeadura	Adubação de base	Adubação de cobertura (uréia)
Inverno 2000	† CV - 09/06/00	CV - s/palha - 230 sementes aptas m ⁻² CV - c/palha - 274 sementes aptas m ⁻²	16 kg ha ⁻¹ de N (uréia) 60 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ (super triplo) 66 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (K Cl)	CV - 30 kg de N ha ⁻¹
Inverno 2001	NB - 25/05/01	NB - 11 kg ha ⁻¹	Sem adubação base	Sem adubação de cobertura
Inverno 2002	CV - 21/06/02	CV - s/palha milho - 240 sementes aptas m ⁻² CV - c/palha/milho - 280 sementes aptas m ⁻²	16 kg ha ⁻¹ de N (uréia) 130 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ (super triplo) 60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (K Cl) Nabo sem adubação base	Pós-s/palha -CV -20 kg de N ha ⁻¹ Pós-milho - CV -30 kg de N ha ⁻¹
Inverno 2003	NB - 20/05/03	NB - 18 kg ha ⁻¹		Sem adubação de cobertura

† CV = cevada; NB = nabo.

Na Tabela 61 estão a patologia e o tratamento de semente, aplicações de herbicidas nas culturas de inverno realizadas durante as quatro safras de inverno.

TABELA 61 - Patologia e tratamento de semente de cevada, aplicações de herbicidas das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002

Safr	Patologia semente (%)			Tratamento semente
	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Drechslera</i> sp.	<i>Bipolaris</i> sp.	
Inverno 2000	73	1	5	Triadimenol (30 g i.a. 100 kg ⁻¹) Iprodione (20 g i.a ha ⁻¹) Triadimenol (37,5 g i.a. 100 kg ⁻¹)
Inverno 2002	17	1	23	Iprodione (40 g i.a ha ⁻¹) Imidacloprid (2,4 g i.a. 100 kg ⁻¹)

As pulverizações com inseticidas e fungicidas estão na Tabela 62. É importante destacar que evitou-se aplicar fungicidas entre o período de final de emborrachamento até o enchimento dos grãos de cada cultura, com o propósito de favorecer a infecção das espiguetas pelo patógeno.

Também foram realizadas todas as observações usuais de condução de experimentos, tais como: data de semeadura, data de emergência, data de espigamento, estatura de plantas, data de maturação e colheita e nota de acamamento. Ainda à nível de campo, foi realizada a incidência de espigas gibereladas e severidade de grãos giberelados por espiga, conforme já descrito no Capítulo I.

2.2 CULTURA DO MILHO

As datas e densidades de semeadura, adubação de base e de cobertura da cultura do milho do Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas no 2º conjunto de sistemas que objetivava a degradação da palha do milho verão 2001-2002 e verão 2003-2004, estão na Tabela 63. Durante as duas safras de milho foram utilizados o híbrido XL 214, o qual foi semeado em sucessão ao nabo forrageiro.

Na Tabela 64 estão a patologia e tratamento de semente da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas realizadas nas duas safras de verão. As pulverizações de dessecante, herbicidas e inseticidas da cultura do milho estão na Tabela 65.

TABELA 62 - Aplicações de inseticidas e fungicidas das culturas de inverno no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava inverno 2000 e 2002

Safra	Aplicação dessecante	Aplicação herbicida	Aplicação inseticida	Aplicações de Fungicida 1ª	2ª
Inverno 2000	Glifosate potássico 1,550 g i.a ha ⁻¹)	Metsulfurom metílico (2,4 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Triflumurom (15 g i.a ha ⁻¹)	Tebuconazole (150 g i.a ha ⁻¹)	-
Inverno 2002	Glifosato 720 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Metsulfurom metílico (2,4 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Alfacipermetrina(10 g i.a ha ⁻¹) Triflumurom (15 g i.a ha ⁻¹)	Tebuconazole (150 g i.a ha ⁻¹)	Tebuconazole (150 g i.a ha ⁻¹)

TABELA 63 - Data e densidade de semeadura, adubação de base e de cobertura da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho verão 2001-2002 e verão 2003-2004

Safra	Data de semeadura	Densidade de semeadura	Adubação de base	Adubação de cobertura
Verão 2001-2002	10/10/01	59925 população ha ⁻¹	322 kg ha ⁻¹ 10-20-20+Zn	2 aplicações de 75 kg de N ha ⁻¹
Verão 2003-2004	07/10/03	60000 população ha ⁻¹	380 kg ha ⁻¹ 10-20-20+Zn	2 aplicações de 78 kg de N ha ⁻¹

TABELA 64 - Patologia e tratamento de semente da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho verão 2001-2002 e verão 2003-2004

Safr	Patologia semente (%)				Tratamento semente
	<i>Fusarium moniliforme</i>	<i>Diplodia</i>	<i>Cephalosporim</i>	<i>Penicilium</i>	
Verão 2001-2002	Milho XL 214 48	-	-	-	Tiodicarbe (600 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (12 g i.a. 100 kg ⁻¹) Tolyfluanid (200 g i.a. 100 kg ⁻¹) Tiodicarbe (120 g i.a. 100 kg ⁻¹)
Verão 2003-2004	Milho XL 214 7	0	0	1	Iprodione (114 g i.a. 100 kg ⁻¹) Tolyfluanid (44 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (2,4 g i.a. 100 kg ⁻¹)

TABELA 65 - Aplicações de desseccante, herbicidas e inseticidas da cultura do milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho verão 2001-2002 e verão 2003-2004

Safr	Aplicação desseccante	Aplicação herbicida	Aplicação inseticida
Verão 2001-2002	Glifosato (1667 g i.a ha ⁻¹)	Nicosulfuron (8 g i.a ha ⁻¹) Atrazina (2640 g i.a ha ⁻¹)	Lufenuron (5 g i.a ha ⁻¹) Triflumurom (400 g i.a ha ⁻¹) Triflumurom (400 g i.a ha ⁻¹)
Verão 2003-2004	Glifosato (1620 g i.a ha ⁻¹)	Atrazina (3080 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (378 g i.a ha ⁻¹)	Lambacyhalotrin (7,5 g i.a ha ⁻¹)

2.3 CULTURA DA SOJA

Data e densidade de semeadura, adubação de base e tratamento de semente da cultura da soja verão 2000-2001 a verão 2003-2004, estão na Tabela 66. Durante as quatro safras de verão foram utilizados a mesma cultivar de soja BRS 154. As pulverizações de dessecantes, herbicida, inseticidas e fungicida na cultura da soja estão na Tabela 67.

Ainda à nível de campo, foi realizada a determinação de incidência de plantas de soja com sintomas de mofo branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum*, podridão vermelha da raiz, causada por *Fusarium solani* e podridão parda da haste causada por *Phialophora gregata*, conforme já detalhado no Capítulo I.

2.4 DETECÇÃO MICOTOXINAS

Para a obtenção das amostras de grãos que foram encaminhadas ao Laboratório Físico-Químico da AGROMALTE para análise de micotoxinas DON e ZEA nos grãos de cevada e milho foram realizados os mesmos passos do Capítulo I. A metodologia de detecção das toxinas DON e ZEA utilizada foi ELISA (Ensaio Imuno Enzimático) R-BIOPHARM.

2.5 PATOLOGIA DE SEMENTES

As amostras coletadas a partir dos grãos colhidos nas parcelas foram enviadas para o Laboratório Físico-Químico da AGROMALTE em um tempo variável de 3 até 12 meses após a colheita para a realização da análise de patologia, descrita com detalhes no Capítulo I.

TABELA 66 - Data e densidade de semeadura, adubação de base e tratamento de semente da cultura do soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho verão 200-2001 e verão 2002-2003

Safra	Data de semeadura	Densidade de semeadura	Adubação de base	Tratamento semente
Verão 2000-2001	08/12/2000	375000 plantas aptas ha ⁻¹	115 kg/ha 00-25-25	Tolyfluanid (200 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (9 g i.a. 100 kg ⁻¹)
Verão 2002-2003	09/12/2002	475000 plantas aptas ha ⁻¹	116 kg/ha 00-25-25	Tolyfluanid (160 g i.a. 100 kg ⁻¹) Carbendazim (15 g i.a. 100 kg ⁻¹) Fipronil (50 g i.a. 100 kg ⁻¹)

TABELA 67 - Aplicações de desseccantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas na cultura da soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho Guarapuava verão 2000-2001 a verão 2003-2004

Safra	Aplicação desseccante	Aplicação herbicida	Aplicação inseticida	Aplicações de Fungicida 1ª 2ª
Verão 2000-2001	Glifosato (900 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (378 g i.a ha ⁻¹) Flumioxazin (174 g i.a ha ⁻¹)	1ª aplicação Cletodim (84 g i.a ha ⁻¹) Cloransulam (43 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (454 g i.a ha ⁻¹) 1ª aplicação Tepraloxideim (100 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	1ª aplicação Diflubenzuron (120 g i.a. ha ⁻¹) 2ª aplicação Diflubenzuron (240 g i.a. ha ⁻¹)	- - - Tebuconazole 60 g i.a. ha ⁻¹ Azoxistrobina (45 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral Parafínico (428 g i.a ha ⁻¹)
Verão 2002-2003	Glifosate potássico (1240 g i.a ha ⁻¹) Dclosulam (50 g i.a ha ⁻¹) Flumioxazin (120 g i.a ha ⁻¹)	2ª aplicação Cletodim (96 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹) 3ª aplicação Bentazona (360 g i.a ha ⁻¹) Lactofem (72 g i.a ha ⁻¹) Óleo mineral (756 g i.a ha ⁻¹)	Diflubenzuron (240 g i.a. ha ⁻¹)	-

2.6 DEGRADAÇÃO DA PALHA DO MILHO

Com a finalidade de medir a degradação da palha do milho, bolsas perfuradas de polietileno foram instaladas no dia 19/08/2002, 132 dias após a colheita do milho (9/04/2002) e 83 dias após a aplicação do tratamentos (27/05/2002). Foi realizada uma estimativa da quantidade de palha de milho da safra verão 2001/2002, que continha também em menor quantidade palha do nabo/soja/cevada dos cultivos antecessores do tratamento sem palha de milho, a partir de quatro determinações por parcela. Estimou-se que, na média das três repetições, havia em torno de 9700 kg ha⁻¹ de matéria seca de palha no momento em que foram aplicados os tratamentos. Oito bolsas de polietileno industrial na cor branca e malha 14 (14 malhas polegada⁻¹) da marca Tecelagem Roma Ltda (rolos de 50 x 1,20 m) foram instaladas em cada parcela dos tratamentos palha de milho, palha de milho com uréia e palha de milho com fertilizante orgânico. O tamanho de cada bolsa foi de 0,58 x 0,58 m, totalizando uma área de aproximadamente 0,3364 m², sendo que em uma das bordas havia um zíper para facilitar a coleta. Dentro de cada bolsa, recolheu-se toda a palha do milho correspondente a área da bolsa (0,3364 m²), que encontrava-se diretamente em contato com o solo após a colheita. Na seqüência cada bolsa foi fechada, depositada a campo, sendo sujeitas as situações semelhantes de cultivo do restante da palha que estava nas parcelas fora das bolsas. As bolsas permaneceram acima do solo, expostas a intempéries e participando do sistema. A distribuição das bolsas nas parcelas foi sempre a mesma (Figura 17), ou seja, permanecendo na mesma posição, sendo retiradas somente no momento da semeadura e colheita dos cultivos sucessores. Desta forma as bolsas permaneceram nas parcelas durante o cultivo de cevada no inverno de 2002, soja no verão 2002/2003, nabo no inverno de 2003, milho no verão 2003/2004, inverno 2004, verão 2004/2005 e parte do inverno 2005.

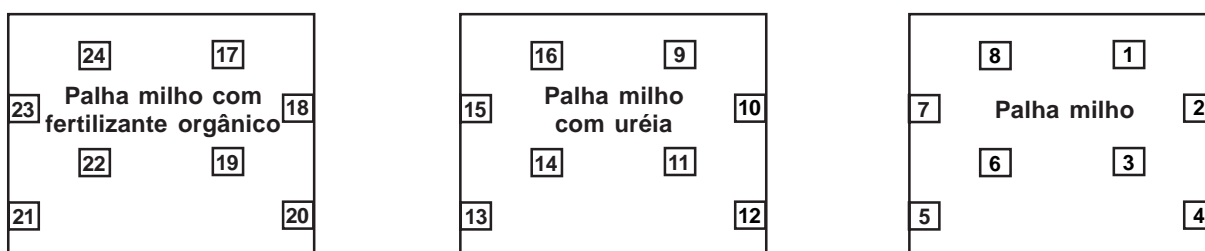


FIGURA 17 - Localização das bolsas de número 1 a 24 dentro das parcelas na primeira repetição. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho.

Foram instaladas ao todo oito bolsas em cada tratamento, com três repetições, totalizando 72 bolsas. Das oito bolsas de cada tratamento, quatro continham as amostras não destrutivas e as outras quatro as amostras destrutivas. Com as amostras não destrutivas determinou-se o peso seco, procurando preservar a palha mais intacta possível, com o intuito de avaliar a velocidade de degradação da palha. Já com as amostras destrutivas foram utilizadas nas determinações de percentagem de carbono e nitrogênio da palha. Nas bolsas com palhas para as determinações não destrutivas pesou-se a massa do volume total de palha, e retirou-se uma amostra em torno de 80 g para determinação do peso seco de cada bolsa, amostras estas que foram enviadas para o Laboratório da Fundação ABC, em Castro, para a determinação do peso seco constante. Estas amostras voltaram deste laboratório e retornaram para as respectivas bolsas não destrutivas no campo. Já as bolsas com palhas para as determinações destrutivas, foram retiradas amostras de 50 g de palha. Cada amostra foi moída separadamente em moinho tipo martelo e rotor, peneira 6,5 mm, marca REITSH, e enviado para o mesmo laboratório para as determinações de percentagem de carbono e de nitrogênio. Em torno de quatro meses após a aplicação dos tratamentos, no dia 25/09/2002 foi realizada a 1ª coleta. A 2ª coleta foi realizada no dia 9/04/2003 (10 meses após aplicação), a 3ª coleta no dia 19/02/2004 (20 meses após aplicação) e a 4ª e última coleta no dia 20/08/2005 (38 meses após a aplicação).

Para análise estatística foi utilizado delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, com os tratamentos formados a partir do arranjo fatorial entre os efeitos coleta e sistema de degradação. O “fator coleta” foi composto pelas datas descritas acima. Já o “fator sistema” foram compostos por quatro sistemas visando a degradação da palha do milho, com rotação de 50% milho, sendo eles: com palha de milho, palha de milho com uréia, palha de milho com fertilizante orgânico e sem palha de milho.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises das variâncias das variáveis homogêneas deste capítulo são apresentadas nos anexos 16 ao 29.

3.1 CULTURA DA CEVADA

Os resultados mais consistentes foram obtidos com a cultura da cevada. Nas Tabelas 68 e 69 estão os resultados do efeito da pré-cultura milho na produção das micotoxinas DON e ZEA nos grãos de cevada nos invernos de 2000 e 2002. Ocorreu interação entre os fatores ano e sistema para a micotoxina DON. No inverno de 2000, no início do experimento, os sistemas sem palha de milho, com 13,6 ppm e palha de milho com uréia, com 12,3 ppm apresentaram os maiores valores de DON. O sistema palha milho apresentou o menor valor de DON, com 8,6 ppm. Embora o trabalho de medição de decomposição da palha de milho em bolsas não tenha sido realizado nos dois primeiros anos do experimento (foi utilizada a metodologia do quadrado de ferro que não deu certo), o mesmo foi realizado a partir do inverno de 2002. Na Tabela 93 e Figura 22 podemos ver que os sistemas palha de milho com uréia e palha de milho com fertilizante orgânico apresentaram uma maior decomposição de palhada já nos primeiros meses após a aplicação dos diferentes manejos visando a degradação, quando comparados ao sistema palha. Se inferirmos que tenha ocorrido o mesmo efeito de degradação de palha de milho durante o inverno de 2000, podemos constatar que os sistemas palha de milho com uréia e palha de milho com fertilizante orgânico, juntamente com o sistema sem palha milho, espigaram em período diferente das plantas de cevada do sistema palha milho. As parcelas dos sistemas palha de milho com uréia, palha de milho com fertilizante orgânico e sem palha espigaram aos 97, 97 e 93 dias respectivamente. Veja comparação dados meteorológicos, quantificação giberela e produção micotoxinas na Tabela 75. Já o sistema palha de milho espigou aos 101 dias. Na semana que antecedeu a data de espigamento do sistema sem palha milho, no dia 20 de setembro de 2000, choveu em seis dos sete dias, em um total de 140,6 mm, com temperaturas médias das médias diárias de 15,4 °C, umidade relativa média diária de 93,7% e insolação média diária de 3:18 h, favorecendo o desenvolvimento da doença (Tabelas 70 e 71) e a produção de DON (Tabela 68) e de ZEA (Tabela 69). Já na semana que antecedeu a data de espigamento dos sistemas palha de milho com uréia e palha de milho com fertilizante orgânico, (dia 25 de setembro de

2000), choveu em cinco dos sete dias, em um total de 40,0 mm, com temperaturas médias das médias diárias de 16,3 °C, umidade relativa média diária de 79,9% e insolação média diária de 6:24 h, também favorecendo o desenvolvimento da doença (Tabela 71 e 75) e a produção de DON (Tabela 68 e 75). Contrastando com os tratamentos anteriores, a semana que antecedeu o espigamento pleno (29 de setembro de 2000) das parcelas do sistema palha milho, choveu em três dos sete dias, em um total de 35,2 mm, com temperaturas médias das médias diárias de 13,5 °C, umidade relativa média diária de 80,6% e insolação média diária de 8:12 h, condições estas comparativamente menos favoráveis ao desenvolvimento da doença (Tabela 71 e 75) e a produção de DON (Tabela 68 e 75). Este fato nos leva a acreditar que em anos de epidemia de giberela, como o inverno de 2000, o fator preponderante para ocorrer maior incidência da doença e maiores teores de micotoxinas, é a condição climática no momento do espigamento das plantas e não a quantidade de palha da cultura antecessora, independente do manejo realizado na palhada. Em 2002, não ocorreram diferenças significativas entre os sistemas para valor de DON (Tabela 68). Ao se considerar a média dos dois anos avaliados, todos os sistemas apresentaram valores acima do limite de tolerância de 1 ppm, segundo as diferentes fontes de referência (Tabela 1). Considerando a média dos dois anos, o inverno de 2000, apresentou valor bem acima do tolerado (11,4 ppm). Não ocorreram diferenças entre os sistemas para ZEA (Tabela 69). Entretanto ocorreram diferenças entre os anos. O inverno de 2000, apresentou valor médio de ZEA bem acima do tolerado (200 ppb), com 880,8 ppb, segundo fontes de referência da Tabela 2. Contrastando, o inverno de 2002, apresentou valor médio de ZEA, com 50,9 ppb, valor este abaixo do limite de tolerância proposto.

TABELA 68 - Efeito da pré-cultura milho na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002

Sistemas de produção	DON (ppm)		
	I 2000	I 2002	Média
Palha milho	† A 8,6 b	B 1,5 n.s. ‡	5,0
Palha milho com uréia	A 12,3 a	B 2,1	7,2
Palha milho com fertilizante orgânico	A 11,0 ab	B 1,7	6,4
Sem palha de milho	A 13,6 a	B 0,8	7,2
Média	11,4	1,5	
Coeficiente de Variação (%)	20,6		

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ‡ n.s. = Não significativo.

TABELA 69 - Efeito da pré-cultura milho na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002

Sistemas de produção	ZEA (ppb)		
	I 2000	I 2002	Média
Palha milho	709,2	170,2	439,7
Palha milho com uréia	705,1	21,7	363,4
Palha milho com fertilizante orgânico	895,2	34,7	465,0
Sem palha de milho	1267,8	23,8	645,8
Média	† A 880,8	B 50,9	
Coeficiente de Variação (%)	32,3		

† Médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (comparação na linha).

As tendências das variáveis DON e ZEA durante os dois invernos de experimentação estão representados na forma gráfica (Figuras 18 e 19). Nestas figuras ficou claro que as maiores variações de teores de DON e de ZEA em cevada são entre os anos, embora tenha ocorrido variação dentro do inverno de 2000, fato este já discutido detalhadamente no parágrafo anterior.

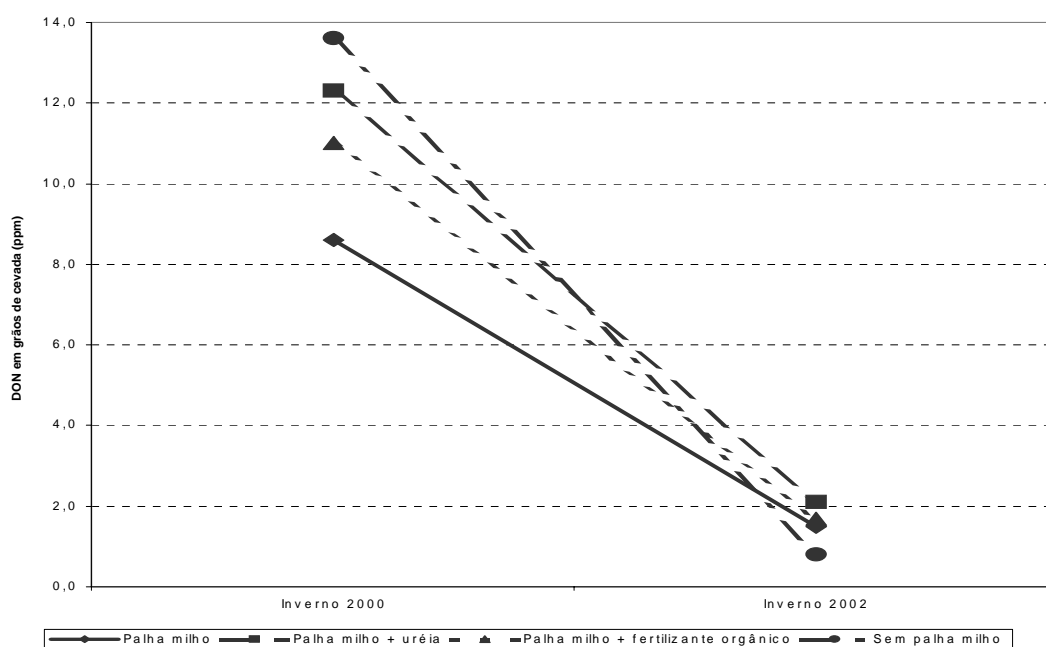


FIGURA 18 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002.

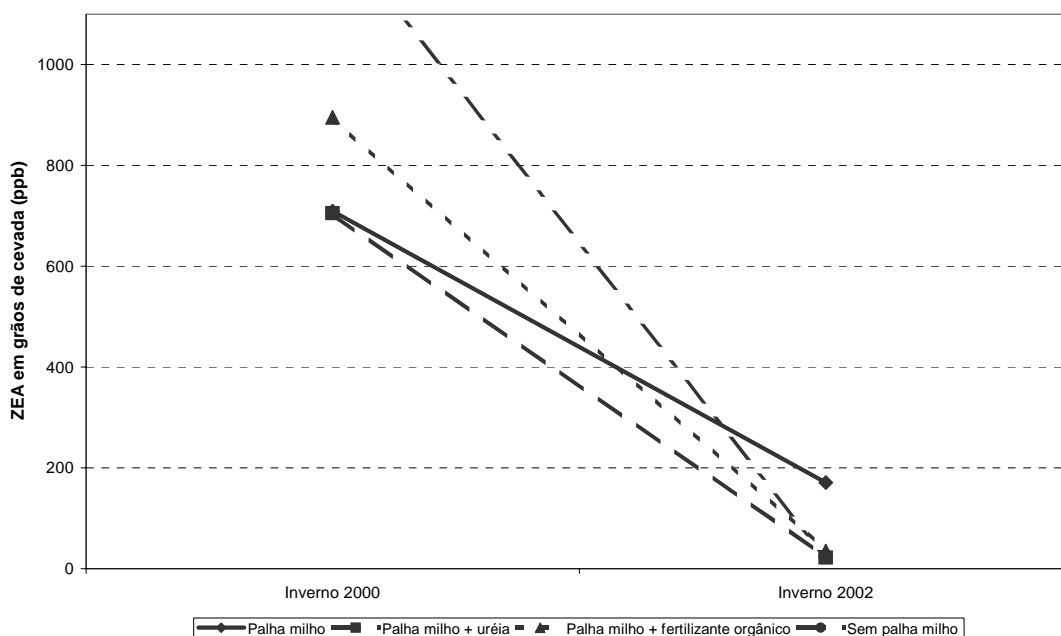


FIGURA 19 - Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002.

Nas Tabelas 70 e 71 estão os resultados das variáveis que avaliaram plantas e grãos de cevada com relação a giberela a nível de campo. Para a variável incidência de espigas gibereladas não ocorreu diferenças entre os sistemas (Tabela 70). Ocorreram somente diferenças entre os anos. Na Tabela 71 são apresentadas os resultados da variável “percentual de grãos colhidos giberelados”. Para esta variável ocorreu interação entre os fatores ano e sistema. No inverno de 2000 o sistema sem palha de milho apresentou a maior “percentual de grãos colhidos giberelados” (2,6%), conforme detalhado na Tabela 75. No inverno de 2002 não ocorreram diferenças entre os sistemas para a variável severidade de grãos giberelados por espiga.

TABELA 70 - Efeito da pré-cultura milho na incidência de espigas gibereladas de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002

Sistemas de produção	Incidência Espigas Gibereladas (%)		
	I 2000	I 2002	Média
Palha milho	11,7	5,2	8,5
Palha milho com uréia	18,4	1,4	9,9
Palha milho com fertilizante orgânico	23,0	2,1	12,6
Sem palha de milho	34,6	2,2	18,4
Média	† A 21,2	B 2,6	
Coeficiente de Variação (%)	28,9		

† Médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (comparação na linha).

TABELA 71 - Efeito da pré-cultura milho no percentual de grãos colhidos giberelados em cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002

Sistemas de produção	Grãos Colhidos Giberelados (%)		
	I 2000	I 2002	Média
Palha milho	† N.S. 0,7 b	0,5 n.s. ‡	0,6
Palha milho com uréia	A 1,3 b	B 0,1	0,7
Palha milho com fertilizante orgânico	A 1,1 b	B 0,1	0,6
Sem palha de milho	A 2,6 a	B 0,2	1,4
Média	1,4	0,2	
Coeficiente de Variação (%)	63,9		

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ‡ n.s. = Não significativo.

Na Tabela 72 está o resultado de patologia, percentual de grãos com *Fusarium* spp. realizado em 100 grãos de cevada obtidos a partir dos diferentes tratamentos. Para a variável incidência de grãos com *Fusarium* spp. não ocorreram diferenças entre os sistemas, mas somente entre os anos. O inverno de 2000 apresentou na média de todos os sistemas 77,6% de incidência de grãos com *Fusarium* spp., enquanto que no inverno de 2002, a média foi de somente 0,7% (Tabela 72). A análise desta variável deve ser realizada com reservas pois as amostras foram encaminhadas alguns meses após a colheita, quando provavelmente grande parte da viabilidade do fungo havia se extinguido.

TABELA 72 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com *Fusarium* spp.) realizada em 100 grãos colhidos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium</i> spp. (%)		
	I 2000	I 2002	Média
Palha milho	65,2	0,9	33,1
Palha milho com uréia	86,2	1,2	43,7
Palha milho com fertilizante orgânico	76,0	0,6	38,3
Sem palha de milho	83,9	0,3	42,1
Média	† A 77,6	B 0,7	
Coeficiente de Variação (%)	9,7		

† Médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (comparação na linha).

O efeito da pré-cultura de milho no rendimento de grãos de cevada está na Tabela 73. Como não ocorreu interação entre os fatores ano e sistema, são apresentados os rendimentos médios dos anos e dos sistemas de manejo da palha. O rendimento de grãos de cevada no inverno de 2002, com 3501 kg ha⁻¹ foi superior ao do inverno de 2000, com 2892 kg ha⁻¹. Atribui-se este menor rendimento em 2000 devido a epidemia de giberela que ocorreu naquele ano (Tabelas 70 e 71) . Na média dos dois anos, o sistema palha de milho com uréia, com rendimento de 3367 kg ha⁻¹, foi superior ao sistema sem palha de milho, com 2990 kg ha⁻¹. Pode-se atribuir este menor rendimento médio no sistema sem palha de milho principalmente ao fato da epidemia de giberela ter sido mais severa neste sistema no inverno de 2000 (Tabelas 71e 72). Entretanto na média dos dois anos, estes dois sistemas não foram diferentes dos sistemas palha de milho com fertilizante orgânico, com rendimento de 3307 kg ha⁻¹, e com palha de milho, com rendimento de 3122 kg ha⁻¹.

TABELA 73 - Efeito da pré-cultura milho no rendimento de grãos de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002

Sistemas de produção	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)		
	I 2000	I 2002	Média
Palha milho	2907	3337	3122 ab †
Palha milho com uréia	3058	3675	3367 a
Palha milho com fertilizante orgânico	3014	3599	3307 ab
Sem palha de milho	2587	3394	2990 b
Média	† B 2892	A 3501	
Coeficiente de Variação (%)	6,2		

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 74 são apresentados os coeficientes de correlação entre as variáveis de cevada. O maior coeficiente de correlação positivo foi entre as variáveis “produção de DON nos grãos de cevada” e “percentual de grãos com *Fusarium* spp.”, com um valor altamente significativo de 0,96. O segundo maior coeficiente de correlação foi entre as variáveis “incidência de espigas gibereladas” e “percentual de grãos colhidos giberelados”, com um valor altamente significativo de 0,90. Já o terceiro maior coeficiente de correlação foi entre as variáveis “produção de DON” e “produção de ZEA”, juntamente com as variáveis “produção de ZEA” e “percentual de grãos com *Fusarium* spp.” com um valor altamente significativo de 0,87. Cabem ainda destaques os coeficientes de correlação entre combinações das variáveis “produção de DON”, “produção de ZEA”, “percentual de grãos com *Fusarium* spp.”, “incidência de espigas gibereladas”, “percentual de grãos colhidos giberelados” e “rendimento de grãos”, que apresentaram valores altamente significativos acima de 0,70. Ainda na Tabela 74 estão os coeficientes de correlação negativos entre as variáveis de cevada. O maior coeficiente de correlação negativo foi entre as variáveis “incidência de espigas gibereladas” e “rendimento de grãos”, com um valor altamente significativo de 0,90. O segundo maior coeficiente de correlação negativo foi entre as variáveis “produção de ZEA” e “rendimento de grãos”, com um valor altamente significativo de 0,83. O terceiro maior foi entre as variáveis “produção de DON” e “rendimento de grãos”, com um valor altamente significativo de 0,81. Também com destaque aparece o coeficiente de correlação negativo entre “percentual de grãos com *Fusarium* spp.” e “rendimento de grãos”, com um valor altamente significativo de 0,80.

Ao se analisar estes coeficientes pode-se especular que as variáveis “percentual de grãos com *Fusarium* sp” (apesar do problema de metodologia no qual parte da viabilidade do fungo havia se extinguido), “incidência de espigas gibereladas” e “percentual de grãos colhidos giberelados” são indicadores de “produção de DON e ZEA” em grãos de cevada. Vale ainda destacar que, repetindo a tendência do conjunto de sistemas de rotação do capítulo I, mesmo em “percentual de grãos colhidos giberelados” aparentemente baixos, como 1,4% no inverno de 2000 (Tabela 71) pode resultar em uma “produção de DON” média de 11,4 ppm (Tabela 68) e ZEA de 880,8 ppb (Tabela 69), valores estes bem acima dos níveis tolerados. Especula-se que, como a produção de micotoxinas pelo fungo é influenciada por fatores ambientais (CHULZE, 2006 e Martineli, 2006 comunicação pessoal), a interação patógeno-hospedeiro naquele ano tenha ocorrido sob condições de estresse para o patógeno. Outra possível hipótese é a de que o acúmulo de micotoxinas pode alcançar altíssimos valores em grãos giberelados, de forma que um baixo percentual de grãos infectados, como 1,2%, poderia mesmo assim, representar valores acima dos toleráveis mesmo quando misturados ou diluídos com uma grande quantidade de grãos sadios.

TABELA 74 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de cevada. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002

Variáveis	Coeficiente de correlação (r)				
	ZEA	Grãos c/ <i>Fusarium</i> spp.	Inci. Espigas Gibereladas	Perc. Grãos Gibereladas	Rendimento
DON	0,87 **	0,96 **	0,86 **	0,74 **	- 0,81 **
ZEA	-	0,87 **	0,85 **	0,73 **	- 0,83 **
Grãos c/ <i>Fusarium</i> spp.	-	-	0,83 **	0,71 **	- 0,80 **
Incidência Espigas Gibereladas	-	-	-	0,90 **	- 0,90 **
Percentual Grãos Gibereladas	-	-	-	-	- 0,84 **

* significativo com P< 0,05, ** significativo com P< 0,01, n.s.= não significativo

TABELA 75 - Dados meteorológicos e variáveis nas semanas que antecederam as datas de espigamento de cevada, incidência de espigas gibereladas, percentual de grãos colhidos giberelados, rendimento grãos e produção de DON e ZEA dos diferentes sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava inverno 2000

Dados meteorológicos e variáveis	Sistemas de produção		
	Sem palha de milho	Palha milho com uréia e fert. orgânico	Palha milho
Nº dias espigamento	93	97	101
Nº dias com chuva	6	5	3
Chuva total período (mm)	140,6	40,0	35,2
Umidade rel. ar (%) – média diária	93,7	79,9	80,6
Insolação (h) - média diária	3:18	6:24	8:10
Temp. média - média diária (°C)	15,4	16,3	13,5
Incidência espigas gibereladas (%)	34,6	18,4 e 23,0	11,7
Grãos colhidos giberelados (%)	2,6	1,3 e 1,1	0,7
Rendimento grãos (kg ha ⁻¹)	2587	3058 e 3015	2907
DON (ppm)	13,6	12,3 e 11,0	8,6
ZEA (ppb)	1267,8	705,1 e 895,2	709,2

3.2 CULTURA DO MILHO

Nas Tabelas 76 e 77 estão os resultados do efeito da pré-cultura milho na “produção das micotoxinas DON e ZEA” nos grãos de milho. Para a “produção de DON” as variâncias não foram homogêneas, provavelmente devido ao fato de que não foram detectados DON nos grãos amostrados. Como não ocorreu interação entre os fatores ano e sistema para a variável “produção de ZEA”, na Tabela 76 são apresentadas as médias dos anos e dos sistemas. Não ocorreram diferenças entre as médias dos dois anos e entre as médias dos quatro sistemas. Todos os valores médios de “produção de ZEA” apresentados estão abaixo do limite de tolerância proposto (200 ppb).

TABELA 76 - Efeito da pré-cultura milho na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004

Sistemas de produção	DON (ppm)		
	Verão 2001/2002	Verão 2003/2004	Média
Palha milho	0,1	0,2	0,2
Palha milho com uréia	0,0	0,3	0,2
Palha milho com fertilizante orgânico	0,1	0,1	0,1
Sem palha de milho	0,1	0,2	0,2
Média	0,1	0,2	

TABELA 77 - Efeito da pré-cultura milho na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004

Sistemas de produção	ZEA (ppb)		
	Verão 2001/2002	Verão 2003/2004	Média
Palha milho	68,8	10,7	33,7 n.s.
Palha milho com uréia	23,9	94,0	53,3
Palha milho com fertilizante orgânico	68,0	34,9	50,1
Sem palha de milho	57,5	38,3	47,4
Média	† N.S. 52,7	39,4	
Coeficiente de Variação (%)	55,3		

† Não significativo.

As tendências das variáveis DON e ZEA em grãos de milho durante as duas safras estão representados na forma gráfica nas Figuras 20 e 21. Utilizando a mesma escala de valores de DON e ZEA que foi utilizada nos gráficos de cevada (Figuras 18 e 19) observa-se os baixíssimos valores destas micotoxinas encontrados em grãos de milho, quando comparado aos valores obtidos em cevada (Figuras 18 e 19), valores estes bem abaixo dos limites de tolerâncias propostos por algumas fontes de referência (Tabelas 1 e 2). A inconsistência dos resultados de DON em milho, que se refletiu em variâncias não homogêneas, foi devido aos baixos teores encontrados. Os diferentes manejos da palha do milho não foram suficientes para causar diferenças nos teores de ZEA nos grãos desta cultura.

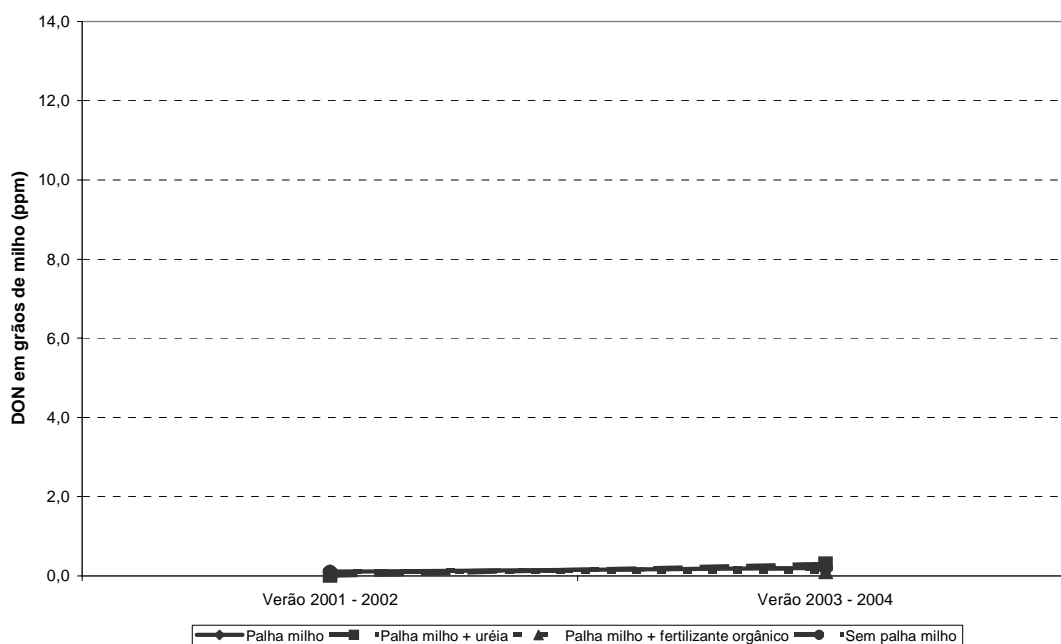


FIGURA 20 – Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina deoxinivalenol (DON) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002.

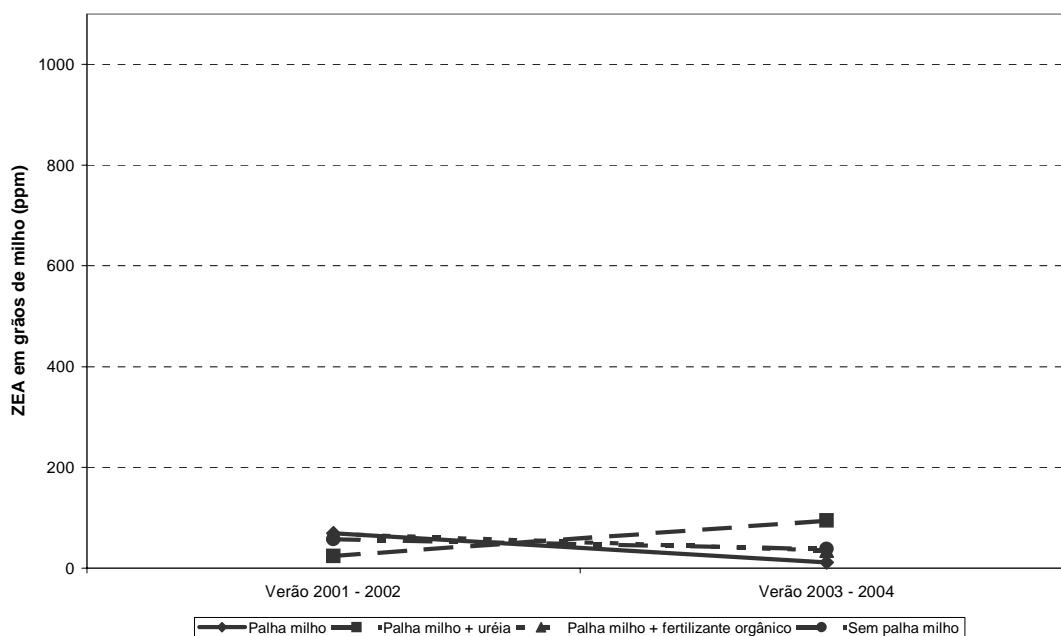


FIGURA 21 – Efeito de diferentes participações da cultura do milho em rotação e sucessão de culturas na produção de micotoxina zearalenona (ZEA) nos grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava invernos de 2000 e 2002.

Alguns meses após a colheita dos grãos de milho, amostras foram encaminhadas para o laboratório para determinação da patologia dos grãos. Os resultados das incidências de grãos com *Fusarium graminearum*, *Fusarium moniliforme*, *Diplodia* sp. e *Cephalosporium* sp. estão respectivamente nas Tabelas 78, 79, 80 e 81. Todas estas variáveis apresentaram variâncias não homogêneas, mesmo após a transformação dos dados, provavelmente devido a perda da viabilidade dos fungos durante o período da colheita até a data de realização da patologia.

TABELA 78 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com *Fusarium graminearum*) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium graminearum</i> (%)		
	Verão 2001/2002	Verão 2003/2004	Média
Palha milho	0,0	7,0	3,5
Palha milho com uréia	0,0	0,0	0,0
Palha milho com fertilizante orgânico	0,0	3,3	1,7
Sem palha de milho	0,0	2,0	1,0
Média	0,0	3,1	

TABELA 79 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com *Fusarium moniliforme*) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium moniliforme</i> (%)		
	Verão 2001/2002	Verão 2003/2004	Média
Palha milho	0,0	14,0	7,0
Palha milho com uréia	0,0	13,3	6,7
Palha milho com fertilizante orgânico	0,0	7,3	3,7
Sem palha de milho	0,0	15,3	7,7
Média	0,0	12,5	

TABELA 80 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com *Diplodia* sp.) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Diplodia</i> sp. (%)		
	Verão 2001/2002	Verão 2003/2004	Média
Palha milho	0,0	23,3	11,7
Palha milho com uréia	0,3	38,0	19,2
Palha milho com fertilizante orgânico	0,7	43,3	22,0
Sem palha de milho	0,3	29,7	15,0
Média	0,3	33,6	

TABELA 81 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com *Cephalosporium* sp.) realizada em 100 grãos colhidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Cephalosporium</i> sp. (%)		
	Verão 2001/2002	Verão 2003/2004	Média
Palha milho	0,0	2,3	1,2
Palha milho com uréia	0,0	0,7	0,3
Palha milho com fertilizante orgânico	0,0	7,3	3,7
Sem palha de milho	0,0	3,7	1,9
Média	0,0	3,5	

Não ocorreram diferenças entre os sistemas de degradação de palha de milho para a variável “grãos ardidos” em milho (Tabela 82). Somente ocorreram diferenças entre os anos.

TABELA 82 - Efeito da pré-cultura milho na percentagem de grãos ardidos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004

Sistemas de produção	Grãos Ardidos (%)		
	Verão 2001/2002	Verão 2003/2004	Média
Palha milho	1,4	2,5	2,0
Palha milho com uréia	2,3	3,3	2,8
Palha milho com fertilizante orgânico	1,3	3,3	2,3
Sem palha de milho	1,6	3,5	2,6
Média	† B 1,7	A 3,2	
Coeficiente de Variação (%)	37,8		

† Médias com a mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (comparação na linha).

O efeito da pré-cultura milho no rendimento de grãos de milho está na Tabela 83. Como não ocorreu interação entre os fatores ano e sistema, são apresentados os rendimentos

médios dos anos e dos sistemas de manejo da palha. O rendimento de grãos de milho no verão de 2003/2004, com 11937 kg ha⁻¹ foi superior ao do verão de 2001/2002, com 9158 kg ha⁻¹. Na média dos dois anos, o sistema palha de milho com fertilizante orgânico, com rendimento de 11004 kg ha⁻¹ e o sistema palha de milho com rendimento de 10918 kg ha⁻¹ foram superiores ao sistema palha de milho com uréia, com 9957 kg ha⁻¹.

TABELA 83 - Efeito da pré-cultura milho no rendimento de grãos de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2001/2002 e verão 2003/2004

Sistemas de produção	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)		
	Verão 2001/2002	Verão 2003/2004	Média
Palha milho	9703	12132	10918 a †
Palha milho com uréia	8634	11280	9957 b
Palha milho com fertilizante orgânico	9479	12528	11004 a
Sem palha de milho	8814	11808	10312 ab
Média	† B 9158	A 11937	
Coeficiente de Variação (%)	4,1		

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 84 são apresentados os coeficientes de correlação entre as variáveis de milho. O maior coeficiente de correlação positivo foi entre as variáveis “percentual de grãos com *Diplodia* sp.” e “grãos ardidos”, com um valor altamente significativo de 0,78.

TABELA 84 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de milho. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2000/2001 a verão 2003/2004

		Coeficiente de correlação (r)					
	ZEA	Grãos c/ <i>Fusarium</i> <i>graminearum</i>	Grãos c/ <i>Fusarium</i> <i>moniliforme</i>	Grãos c/ <i>Diplodia</i> sp.	Grãos c/ <i>Cephalos-</i> <i>porium</i> sp.	Grãos ardidos	Rendimento grãos
DON	0,12 n.s.	0,09 n.s.	0,58 **	0,21 n.s.	0,06 n.s.	0,40 n.s.	0,46 *
ZEA	-	- 0,23 n.s.	- 0,05 n.s.	- 0,06 n.s.	- 0,13 n.s.	- 0,11 n.s.	- 0,19 n.s.
Grãos c/ <i>Fusarium graminearum</i>	-	-	0,49 *	0,44 *	0,22 n.s.	0,25 n.s.	0,64 **
Grãos c/ <i>Fusarium moniliforme</i>	-	-	-	0,52 **	0,56 **	0,41 *	0,74 **
Grãos c/ <i>Diplodia</i> sp.	-	-	-	-	0,04 n.s.	0,78 **	0,74 **
Grãos c/ <i>Cephalosporium</i> sp.	-	-	-	-	-	- 0,11 n.s.	0,37 n.s.
Grãos ardidos	-	-	-	-	-	-	0,59 **

* significativo com P< 0,05, ** significativo com P< 0,0, n.s.= não significativo

3.3 CULTURA DA SOJA

As incidências das doenças do sistema radicular das plantas de soja foram realizadas somente na segunda safra de soja deste experimento, durante o verão de 2002/2003. As avaliações realizadas foram as incidências de plantas com podridão vermelha da raiz, causada por *Fusarium solani*, incidência de plantas com podridão parda da haste, causada por *Phialophora gregata*, com sintoma forte (PPHForte) e sintoma fraco (PPHFraco) e incidência de plantas de soja com sintomas de mofo branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum*. Para a incidência de plantas com podridão vermelha da raiz, causada por *Fusarium solani* as variâncias não foram homogêneas (Tabela 85). Nas Tabelas 85 e 86 estão os resultados de incidência de plantas com podridão parda da haste, causada por *Phialophora gregata* – sintoma forte (PPHForte) e sintoma fraco (PPHFraco). Não ocorreram diferenças entre os sistemas de degradação de palha, com relação a incidência desta doença nos dois tipos de sintoma. Já para a incidência de plantas de soja com sintomas de mofo branco causado por *Sclerotinia sclerotiorum* as variâncias não foram homogêneas (Tabela 88).

TABELA 85 - Efeito da pré-cultura milho na incidência de *Fusarium solani* no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2002/2003

Sistemas de produção	Incidência Plantas com <i>Fusarium solani</i> (%)
Palha milho	0,9
Palha milho com uréia	0,0
Palha milho com fertilizante orgânico	0,6
Sem palha de milho	3,9
Média	1,4

TABELA 86 - Efeito da pré-cultura milho na incidência de *Phialophora gregata* – sintoma forte (PPHForte), no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2002/2003

Sistemas de produção	Incidência Plantas com PPHForte (%)
Palha milho	7,6 n.s. †
Palha milho com uréia	11,1
Palha milho com fertilizante orgânico	14,5
Sem palha de milho	14,8
Média	12,0
Coeficiente de Variação (%)	128,7

† Não significativo.

TABELA 87 - Efeito da pré-cultura milho na incidência de *Phialophora gregata* – sintoma fraco (PPHFraco), no sistema radicular principal de plantas de soja. Guarapuava verão 2002/2003

Sistemas de produção	Incidência Plantas com PPHFraco (%)
Palha milho	17,1 n.s. †
Palha milho com uréia	11,6
Palha milho com fertilizante orgânico	11,6
Sem palha de milho	7,7
Média	12,0
Coeficiente de Variação (%)	39,7

† Não significativo.

TABELA 88 - Efeito da pré-cultura milho na incidência de *Sclerotinia sclerotiorum*, no sistema radicular principal de plantas de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2002/2003

Sistemas de produção	Incidência Plantas <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (%)
Palha milho	0,0
Palha milho com uréia	1,0
Palha milho com fertilizante orgânico	2,6
Sem palha de milho	0,0
Média	0,9

Alguns meses após a colheita dos grãos de soja, amostras foram encaminhadas para o laboratório para determinação da patologia dos grãos. Os resultados das incidências de grãos de soja com *Fusarium* spp., *Phomopsis* sp. e *Cercospora kikuchii* estão respectivamente nas Tabelas 89, 90 e 91. Nenhuma destas variáveis apresentou variâncias homogêneas, mesmo após a transformação dos dados.

TABELA 89 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com *Fusarium* spp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2000/2001 e verão 2002/2003

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Fusarium</i> spp. (%)		
	Verão 2000/2001	Verão 2002/2003	Média
Palha milho	23,7	1,7	12,7
Palha milho com uréia	9,7	0,3	5,0
Palha milho com fertilizante orgânico	14,7	2,0	8,4
Sem palha de milho	19,7	0,0	9,8
Média	16,9	1,0	

TABELA 90 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com *Phomopsis* sp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2000/2001 e verão 2002/2003

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Phomopsis</i> sp. (%)		
	Verão 2000/2001	Verão 2002/2003	Média
Palha milho	11,7	1,3	6,5
Palha milho com uréia	13,7	0,0	6,8
Palha milho com fertilizante orgânico	25,3	0,7	13,0
Sem palha de milho	12,0	7,3	9,7
Média	15,7	2,3	

TABELA 91 - Efeito da pré-cultura milho na patologia (percentual de grãos com *Cercospora kikuchii*) realizada em 100 grãos colhidos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2000/2001 e verão 2002/2003

Sistemas de produção	Incidência Grãos com <i>Cercospora kikuchii</i> (%)		
	Verão 2000/2001	Verão 2002/2003	Média
Palha milho	39,7	0,0	19,8
Palha milho com uréia	19,7	0,0	9,8
Palha milho com fertilizante orgânico	30,0	0,0	15,0
Sem palha de milho	28,0	0,0	14,0
Média	29,3	0,0	

Na Tabela 92 estão os resultados de rendimento de grãos de soja. Como não ocorreram diferenças entre as médias dos diferentes sistemas de degradação de palha, são apresentadas somente as médias das duas safras de verão.

TABELA 92 - Efeito da pré-cultura milho no rendimento de grãos de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2000/2001 e verão 2002/2003

Sistemas de produção	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)		
	Verão 2000/2001	Verão 2002/2003	Média
Palha milho	3481	2832	3156
Palha milho com uréia	3525	2804	3165
Palha milho com fertilizante orgânico	3508	3157	3333
Sem palha de milho	3541	2997	3269
Média	† A 3514	B 2948	
Coeficiente de Variação (%)	5,1		

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Na Tabela 93 são apresentados os coeficientes de correlação entre as variáveis de soja. O maior coeficiente de correlação positivo foi entre as variáveis “percentual de grãos com *Fusarium* spp.” e “percentual de grãos com *Cercospora kikuchii*”, com um valor altamente significativo de 0,89.

TABELA 93 - Coeficiente de correlação entre as variáveis de soja. Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando degradação da palha do milho, Guarapuava 2000/2001 e verão 2002/2003

	Coeficiente de correlação (r)		
	Grãos c/ <i>Phomopsis</i> sp.	Grãos c/ <i>Cercospora</i>	Rendimento grãos
Grãos c/ <i>Fusarium</i> spp.	0,53 **	0,89 **	0,59 **
Grãos c/ <i>Phomopsis</i> sp.	-	0,65 **	0,48 *
Grãos c/ <i>Cercospora</i>	-	-	0,72 **

* significativo com P< 0,05, ** significativo com P< 0,01, n.s.= não significativo

3.4 DEGRADAÇÃO DA PALHA DE MILHO

Para a variável matéria seca em kg ha⁻¹, a interação entre os fatores sistema de manejo e data de coleta não foi significativa. Entretanto ocorreram diferenças para os fatores data de coleta e sistema de manejo (Tabela 94). Ao longo do tempo ocorreu uma diminuição da quantidade de MS dos tratamentos devido a degradação da palha. A primeira (6763 kg ha⁻¹) e a segunda (5655 kg ha⁻¹) coleta apresentaram os maiores valores de matéria seca. A última coleta, realizada 38 meses após a aplicação dos tratamentos, apresentou o menor valor de

matéria seca (3870 kg ha^{-1}). Levando em consideração todo o período de monitoramento das palhas nas bolsas, o tratamento testemunha palha de milho apresentou o maior valor de matéria seca (9571 kg ha^{-1}). A aplicação de uréia na palha do milho reduziu a quantidade média de matéria seca durante os 38 meses para 4632 kg ha^{-1} , 52% menor quando comparada com a testemunha palha de milho. O tratamento palha de milho com fertilizante orgânico apresentou uma quantidade média de matéria seca durante os 38 meses de 1894 kg ha^{-1} , resultando em uma decomposição média de 80% quando comparado com a testemunha palha de milho. Porém, deve-se enfatizar que as bolsas de polietileno, bem como a ausência da ação mecânica do rodado do trator e da sulcagem da semeadeira, influenciaram o tempo de degradação, provavelmente prolongando este período, quando comparado com uma condição natural.

TABELA 94 - Efeito de diferentes manejos da palha do milho sobre a sua degradação, medida pelo peso da matéria seca sobre o solo ao longo do tempo. Guarapuava setembro 2002 a agosto 2004

Manejo da palha	MS (kg ha^{-1})				Média
	Setembro 2002	Abril 2003	Fevereiro 2004	Agosto 2005	
Palha milho	11023	11056	9857	6349	9571 a
Palha milho com uréia	6027	4344	4032	4126	4632 b
Palha milho com fertilizante orgânico	3240	1566	1632	1136	1894 c
Média	A 6763	A 5655	AB 5174	B 3870	
Coeficiente de Variação (%)	24,22				

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não obstante sendo a interação entre os fatores sistema de manejo e data de coleta não significativa, a Figura 22 mostra a dinâmica da decomposição da palha para melhor entendimento dos diferentes tratamentos. O ponto de partida para os sistemas de decomposição com uréia e fertilizante orgânico foi resultante de uma estimativa obtida a partir de quatro determinações por parcela do tratamento 16, o qual continha principalmente palha de milho da safra verão 2001/2002, associada a palha do nabo/soja/cevada dos cultivos antecessores deste tratamento. Estimou-se que, na média das três repetições, havia em torno de 9700 kg ha^{-1} no momento em que foram aplicados os tratamentos. Ao observarmos o gráfico com as curvas de tendências, as diferenças entre os sistemas de degradação da palha de milho ficaram evidentes. Dez meses após a aplicação dos tratamentos, estimou-se

uma degradação de 10% da palha do milho no tratamento testemunha, tomando por base valor de início 11000 kg ha⁻¹ de matéria seca. Neste mesmo período, a palha de milho que recebeu uréia passou de 9700 kg ha⁻¹ (valor de início estimado) para 4300 kg ha⁻¹, com uma degradação estimada de 55%. Também no mesmo período a aplicação do fertilizante orgânico causou uma degradação estimada de 84%, passando de uma valor estimado de 9700 kg ha⁻¹, para 1500 kg ha⁻¹. Após este período de 10 meses ocorreu uma estabilização da decomposição da palha dentro dos tratamentos com uréia e fertilizante orgânico, embora os mesmos continuaram diferentes entre eles até a última avaliação.

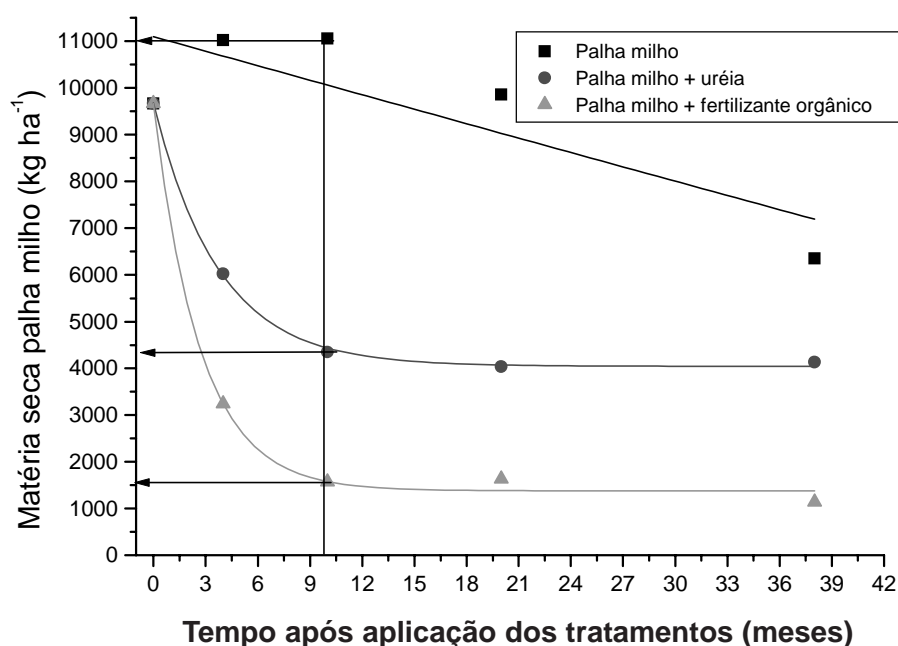


FIGURA 22 - Efeito de diferentes manejos visando degradação da palha de milho no peso da matéria seca em kg ha⁻¹, Guarapuava, maio 2002 a agosto 2004.

Na Tabela 95 são apresentados os resultados do efeito de diferentes manejos visando a degradação da palha de milho no teor de C da palha em percentagem. Para esta variável as variâncias não foram homogêneas.

TABELA 95 - Efeito de diferentes manejos da palha do milho sobre a sua degradação, medido pelo percentual de C sobre o solo ao longo do tempo. Guarapuava setembro 2002 a agosto 2004

Manejo da palha	C (%)				Média
	Setembro 2002	Abril 2003	Fevereiro 2004	Agosto 2005	
Palha milho	45,0	44,6	39,5	42,6	42,9
Palha milho com uréia	46,0	44,8	40,5	44,0	43,8
Palha milho com fertilizante orgânico	46,1	45,2	37,8	42,9	43,0
Média	45,7	44,9	39,2	43,2	

O efeito dos diferentes manejos visando a degradação da palha de milho no teor de N em gramas por quilo de palha está na Tabela 95. Não ocorreram diferenças entre os sistemas de manejo de palha, mas somente entre as datas de coleta da palha. Na primeira coleta ocorreu o menor teor de N por quilo de palha (10,1 g kg⁻¹). Nas coletas seguintes os teores de N aumentaram para 15,9, 16,3 e 17,3 g kg⁻¹.

TABELA 96 - Efeito de diferentes manejos da palha do milho sobre a sua degradação, medido pelo teor de N em gramas por quilo de palha. Guarapuava setembro 2002 a agosto 2004

Manejo da palha	N (g kg ⁻¹)				Média
	Setembro 2002	Abril 2003	Fevereiro 2004	Agosto 2005	
Palha milho	9,8	16,1	15,0	16,4	14,3
Palha milho com uréia	9,9	16,2	16,4	17,0	14,9
Palha milho com fertilizante orgânico	10,5	15,3	17,6	18,6	15,5
Média	B 10,1	A 15,9	A 16,3	A 17,3	
Coeficiente de Variação (%)	4,94				

† Médias com a mesma letra maiúscula (comparação na linha) e pelas letras minúsculas (comparação na coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 97 são apresentados os resultados do efeito de diferentes manejos visando a degradação da palha de milho na relação C/N da palha em percentagem. Para esta variável as variâncias não foram homogêneas.

TABELA 97 - Efeito de diferentes manejos da palha do milho sobre a sua degradação, medido pelo percentual da relação C/N da palha. Guarapuava setembro 2002 a agosto 2004

Manejo da palha	C/N				Média
	Setembro 2002	Abril 2003	Fevereiro 2004	Agosto 2005	
Palha milho	48,7	29,5	26,4	26,1	32,7
Palha milho com uréia	50,0	28,2	25,1	25,9	32,3
Palha milho com fertilizante orgânico	45,2	30,3	22,3	23,4	30,3
Média	48,0	29,3	24,6	25,2	-

4 CONCLUSÕES

A aplicação dos diferentes manejos da palha do milho, utilizando fertilizante orgânico dejetos suíno e uréia, aumentou a degradação da palha do milho, quando comparado com a degradação da palha da testemunha sem manejo. Entretanto, a hipótese específica deste capítulo foi negada, pois a diminuição da palha do milho em plantio direto, via estímulo à degradação, não diminuiu a ocorrência de giberela e a quantidade das micotoxinas DON e ZEA produzidas em milho e cevada. Os dados deste capítulo confirmam os do capítulo anterior, evidenciando que, para as condições de agricultura praticadas no centro-sul do Paraná, a ausência ou diminuição da palhada do milho, por qualquer que seja o método, não diminui os riscos epidêmicos da giberela para as culturas avaliadas. Ficou ainda evidenciado que para a cevada em anos de epidemia de giberela, o fator preponderante para ocorrer maior incidência da doença, e conseqüentes maiores teores de micotoxinas, é a condição climática no momento do espigamento das plantas e não a quantidade da palha da cultura antecessora. Também ficou evidente a correlação entre as variáveis “produção de ZEA e de DON”, “incidência de espigas gibereladas” e “percentual de grãos colhidos giberelados” indicando a possibilidade de uso destas avaliações de giberela, como preditores de contaminação de grãos de cevada por DON e ZEA após a colheita.

Os resultados mais consistentes deste capítulo foram obtidos com a cultura da cevada. A inconsistência dos resultados de DON em milho, que se refletiu em variâncias não homogêneas, foi devida aos baixos teores encontrados. Os diferentes manejos da palha do milho não foram suficientes para causar diferenças nos teores de ZEA nos grãos desta cultura.

CONCLUSÕES FINAIS

Era esperado que sistemas de cultivo que diminuíssem a quantidade de palha de milho, seja por meio da rotação com diferentes participações de milho ou por manejo que promovesse degradação da palha de milho, iriam diminuir a incidência da doença e a produção das micotoxinas DON e ZEA nos grãos dos cereais de inverno e milho. Entretanto os resultados mais consistentes desta tese indicaram que a hipótese geral foi negada, pois a diminuição da quantidade da palha de milho em plantio direto, não diminuiu a ocorrência de giberela e a quantidade das micotoxinas DON e ZEA produzidas nas culturas de verão (milho) e de inverno (cevada e trigo) em nível de campo. Desta forma não se evidenciou a estreita ligação entre maior incidência da giberela, maiores teores de DON e ZEA nos grãos e o sistema de plantio direto na região centro-sul do Paraná como era inicialmente esperado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fato dos ascósporos de *G. zeae* serem leves e dispersos pelo vento a longas distâncias da fonte de origem os tornam fator principal da patogenicidade da giberela nos cereais, relegando a quantidade da palha da lavoura infectada a um plano de importância inferior. Em trabalhos conduzidos em outros países, em que o manejo de resíduos culturais resultou em algum controle com relação à giberela e produção de micotoxinas, foi provavelmente ao fato que as epidemias que lá ocorrem não são tão severas quanto as que ocorrem em nossas condições. Como o cultivo de milho e de cereais de inverno ocupa uma significativa área na região centro-sul do Paraná e a decomposição da palhada é muito lenta, os mesmos devem ser as principais fontes de esporos dispersos na atmosfera. Desta forma, quando a epidemia é muito severa não existe rotação de culturas ou manejo de palha que diminua a giberela e a produção de micotoxinas. Práticas de manejo em parcelas experimentais, que corresponderia à área individual de um agricultor, não foram efetivas para a redução do potencial do inóculo da giberela nas culturas, quando as condições climáticas foram favoráveis ao patógeno, e esta área está localizada em região de produção agrícola que utiliza a prática do plantio direto com culturas hospedeiras.

Como a estratégia de manejo da palha não foi efetiva para o controle da giberela e produção de DON e ZEA em nível de campo, maiores esforços devem ser realizados na adoção da estratégia do escalonamento de semeadura e no desenvolvimento de germoplasma

com resistência genética à giberela. O escalonamento de semeadura dentro da época indicada pela pesquisa, seja em nível de região ou de propriedade, visando diferentes datas de floração é uma prática efetiva e validada nesta tese. Lavouras com datas de floração com diferenças de poucos dias são suficientes para determinar a ocorrência ou não de epidemia de giberela, estratégia esta de adoção imediata e de baixo custo, sendo necessário somente um trabalho de conscientização, convencimento e planejamento dos agricultores. Ao adotarem a estratégia de escalonamento de semeadura, os agricultores também estariam diluindo risco de danos por geada em estádios mais suscetíveis da cultura, de perdas por chuvas na colheita, que causam principalmente germinação de espiga e perdas qualitativas, bem como otimizam a utilização de maquinários e mão-de-obra. A incorporação de resistência genética em germoplasma adaptado, embora seja mais desejada pela facilidade de adoção pelos agricultores, é de longo prazo devido às escassas fontes de recursos necessários para o desenvolvimento. Entretanto, a utilização de ferramentas de melhoramento genético molecular, como o mapeamento genético e seleção assistida com marcadores moleculares, abrem novas perspectivas, tanto para o melhoramento genético convencional como para o transgênico. Em um futuro próximo, a transgênia provavelmente possibilitará inserir genes de outras espécies nos cereais, genes estes que irão degradar as micotoxinas.

Como estratégia de controle da produção de DON e ZEA pós-colheita, os esforços devem ser concentrados primeiramente na classificação dos grãos após a secagem e antes da armazenagem. Como os grãos giberelados são geralmente pequenos e/ou leves, a classificação pode ser realizada por meio de separação por tamanho, usando peneiras e/ou por peso específico, utilizando mesa gravimétrica. Os grãos não descartados, para os diferentes usos industriais, devem ter umidade e temperatura controladas durante a armazenagem para que não ocorra o desenvolvimento de fungos e produção de micotoxinas. No caso específico de cevada cervejeira, em nível de recebimento na moega, todos os caminhões devem ser amostrados para a realização da classificação comercial da cevada e conseqüente remuneração ao agricultor conforme a classificação obtida. O produtor somente recebe preço de cevada malteira para a porção classificada como classe 1 (soma dos grãos retidos em peneira 2,8 e 2,5 mm) e classe 2 (soma grãos retidos em peneira 2,2 mm). Toda a cevada classificada como classe 3 ou refugo (soma grãos que vazam pela peneira 2,2 mm), que contém grande parte dos grãos giberelados, o produtor recebe preço de cevada forrageira ou de resíduo industrial pois a mesma terá como destino a fábrica de rações ou descarte. Já em nível de maltaria, são realizados testes para monitoramento e determinação

da quantidade de grãos giberelados, por meio da quantificação de grãos sobrenadantes antes mesmo dos lotes serem destinados à produção de malte, com a finalidade de eliminar grãos com possíveis contaminações de DON e ZEA (NOHEL, 2006, comunicação pessoal). O máximo admissível de grãos sobrenadantes para a malteação é de 1%. Lotes acima de 1% sofrem um processo de rebeneficiamento, seja por meio de passagem dos grãos em peneiras ou em mesa gravimétrica, com o objetivo de retirar grãos giberelados. Os grãos eliminados nesta fase fazem parte da perda do processo de beneficiamento da cevada, que vem a onerar o custo de produção do malte, pois estes grãos são destinados para a fábrica de ração. Com o rebeneficiamento os lotes adequam-se para produção de malte dentro das especificações comumente adotadas pelas cervejarias no Brasil, que atualmente é de 0,5 ppm para DON e 500 ppb para ZEA no malte.

Os grãos descartados poderão ainda ter utilização para o fabrico de rações animais, desde que os níveis de toxinas estejam dentro de um patamar aceitável para as diferentes espécies animais as quais se destinam. Outra prática comum no fabrico de rações animais é a utilização de adsorventes que imobilizam as micotoxinas presentes nos grãos contaminados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, H.U.; GILBERT, J.; FERNANDO, W.G.D.; BRÛLÉ-BABEL, A.; SCHOOFS, A; ENTZ M. Influence of crop rotation and cover crop on fusarium head blight of wheat. 2002 National Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 128-131, 2002.
- BARLEY BULLETIN. Gipsa pledges improvement measures for DON testing. North Dakota Barley Council, v. 17, n. 2. p. 8, Summer 1999.
- BLUM, M.M.C.; REIS, E.M.; MARTINELLI, J.A.; MATSUMURA, A.T. Decomposição de Resíduos Culturais de Aveia e Sobrevivência de *Drechslera avenae*. XVII Reunião Anual da Comissão Sulbrasileira de Pesquisa de Aveia, Passo Fundo, RS, 1997. **Resumos**, p. 504, 1997.
- BOTTALICO, A. Fusarium Diseases of Cereals: Species Complex and Related Mycotoxin Profiles, in Europe, **Journal of Plant Pathology**, v. 80 , n. 2, p. 85-103, 1998.
- BUSHNELL, W.R.; SEELAND, T.M. What part does programmed cell death play in fusarium head blight? 2002 National Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 165, 2002.
- CAPETTINI, F.; RASMUSSEN, D.C.; DILL-MACKY, R. Herencia de La Resistencia a Fusariosis de la Espiga en Cebada. III Congreso Latinoamericano de Cebada, Colonia, Uruguay. **Resúmenes**, p. 25, 1999.
- CAPETTINI, F.; RASMUSSEN, D.C.; DILL-MACKY, R.; SCHIEFELBEIN, E.; ELAKKAD, A. Inheritance of resistance to fusarium head blight in four populations in barley. Crop Sci, v. 43, p. 1960-1966, 2003.
- CHULZE, S.N. Ecophysiology and genetic of toxigenic fungi in Latin América. V Congresso Latino-Americano de micotoxicologia e XII Encontro Nacional de Micotoxinas. **Resumos**, p. 66, 2006.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3. ed. Passo Fundo, SBSC-Núcleo Regional Sul, p. 57, 1994.
- COULOMBE, R.J. jr. Biological action of mycotoxins. Journal of Dairy Science. v. 76, n. 3, p. 880-891, 1993.
- DEL PONTE, E.M.; FERNANDES, J.M.C.; PIEROBOM, C.R.; BERGSTROM, G.C. Giberela do trigo – aspectos epidemiológicos e modelos de previsão. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 587-605, 2004.
- DEL PONTE, E.M.; SHAH, D.A.; BERGSTROM, G. Spatial patterns of Fusarium Head Blight in New York wheat fields suggest role of airborne inoculum. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2003-0418-01-RS: 2003.
- DERPSCH, R. Adubação verde e rotação de culturas. ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3., Ponta Grossa. **Anais...** Castro: Fundação ABC, p. 85-104. 1985.

DIEKMAN, M.A.; GREEN, M.L. Mycotoxins and reproduction in domestic livestock. **Journal of animal science**, v. 70, p. 1615-1627, 1992.

DILL-MACKY, R. Investigations on Fusarium Head Blight in Minnesota. III Congresso Latinoamericano de Cebada, Colonia, Uruguay, 1999. Trabalho não disponível nos resumos.

DILL-MACKY, R.; JONES, R.K. The effect of previous crop residues and tillage on Fusarium head blight of wheat. **Plant disease**, v. 84, p. 71-76, 2000.

DILL-MACKY, R.; SALAS, B. Effect of cereal residue burning on the incidence and stratified distribution of *Fusarium graminearum* and *Cochliobolus sativus* in wheat and barley plants. 2002 National Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 140, 2002.

DUFAULT, N.; De WOLF, E.; LIPPS, P.; MADEN, L. Relationship of temperature and moisture to *Gibberella zeae* perithecial development in a controlled environment. 2002 National Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 142, 2002.

EL-ALLAF, S.M.; MADDEN, L.V.; LIPPS, P.E. Spatial aspects of fusarium head blight epidemics on wheat in Ohio. Nacional Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 146, 2002.

EMBRAPA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Brasília: Embrapa, Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2005 e 2006**. Sistemas de Produção, 2. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 102p.

ENGLE, J.S.; LIPPS, P.E.; GRAHAM, T.L.; BOEHM, M.J. Effect of wheat floral structure extracts and endogenous compounds on the growth of *Fusarium graminearum*. 2002 National Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 151, 2002.

EVANS, C.K.; XIE, W.; DILL-MACKY, R. Biosynthesis of deoxynivalenol in spikelets of barley inoculated with macroconidia of *Fusarium graminearum*. **Plant disease**, v. 84, p. 654-660, 2000.

FAO - WORLDWIDE REGULATIONS FOR MYCOTOXINS 1995 - A Compendium FAO Food and Nutrition Paper, n. 64, Roma, 1997.

FERNANDES, J.M.C. As doenças das plantas e o sistema plantio direto. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 5, p. 317-352, 1997.

GALLI, J.A.; FESSEL, S.A.; PANIZZI, R.C. Effect of *Fusarium graminearum* and infection index on germination and vigor of maize seeds. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 470-474, 2005.

GUENTHER, J.; TRAIL, F.; Development of *Gibberella zeae* on wheat tissue. 2002 National Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 164, 2002.

HAMILTON, P.B.; Fallacies in our understanding of mycotoxins. **J. Food Prot**, v. 41, p. 404, 1978.

HOOKE, D.C.; SCHAAFSMA, A.W.; TAMBURIC-ILINCIC, L. The doncast model: using weather variable pre- and post-heading to predict deoxinivalenol content in winter wheat. 2002 National Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 165, 2002.

JASTER, F.; ELTZ, F.L.F.; FERNANDES, F.F.; MERTEN, G.H.; GAUDENCIO, C.A.; OLIVEIRA, M.C.N. Rendimento de grãos em diferentes sistemas de preparo e manejo de solos. Londrina: EMBRAPA – CNPSo, 1993. 37p. **(Documentos 61)**.

LAWLOR, P.G.; LYNCH, P.B; Mycotoxins in pig feeds 2: clinical aspects. **Irish Veterinary Journal**, v. 54, n. 4, p. 172-176, 2001.

LIMA, M.I.P.M.; PORTELLA, J.A.; ARIAS, G. Resultados iniciais do estudo de determinação de fungos de sementes de cevada em função de épocas de colheita. XXI REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 2, 2001, Guarapuava. **Anais e ata...** Guarapuava: EMBRAPA, p. 531-536, 2001.

LIMA, M.I.P.M.; FERNANDES J.M.C. Avaliação da resistência à giberela de genótipos de cereais de inverno. **Fitopatol. Bras.**, v. 27, n. 1, p. 104, 2002.

LIMA, M.I.P.M. Métodos de amostragem e avaliação de giberela usados na Embrapa Trigo. Documentos Online n. 27. Publicações Online. Dezembro 2002. Disponível: <http://www.cnpt.embrapa.br>. Acesso em 10/01/2003.

LIMA, M.I.P.M. Estádios de suscetibilidade de espigas de trigo à giberela. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28 (Suplemento), p. 296, 2004.

LIMA, M.I.P.M. Sintomas de giberela e brusone em cevada e trigo. XXV REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 2005. Guarapuava. **Anais e ata...** Guarapuava: FAPA, p. 21-25, 2005.

LIPPS, P.; MILLS, D.; DeWOLF, E.; MADDEN, L. Fusarium head scab risk forecasting for Ohio, 2002. 2002 National Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 166. 2002a.

LIPPS, P.; DeWOLF, E.; MILLS, D.; MADDEN, L. Pratical application of fusarium head blight risk predictions. 2002 National Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 167-170, 2002b.

MARKELL, S.G.; FRANCL, L. Fusarium head blight inoculum: species prevalence and *Gibberella zeae* spore type. **Plant Disease**, v. 87, p. 814-820, 2003

MARTINELLI, J.A. Comunicação pessoal. Professor Fitopatologista. Departamento de Fitossanidade. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2006.

MATHRE, D.E. Editor **Compendium of Barley Diseases**. American Phytopathological Society. Fourth printing, p. 42, 1992.

MERONUCK, R.A. Effect of Wheat Scab and Karnal Bunt on Quality. Session VI. Preservation of Quality. **International Wheat Quality Conference**, p. 391-396, 1997.

MINELLA, E.; CIULLA, C.; PANISSON, E.; WOBETO, C.; NOVATZKI, M. Avaliação de safra no Brasil em 2004. REUNIÃO ANUAL DA PESQUISA DE CEVADA, 2005, 25., Guarapuava. **Anais**. Guarapuava: FAPA, p. 69-74, 2005.

MIROCHA, C.J.; PATHRE, S.V. SCHAUERHAMER, B. CHRISTENSEN, C.M. Natural occurrence of *Fusarium* toxins in feedstuff. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 32, n. 4, p. 553-556, 1976.

MOLIN, R. Ocorrência de Micotoxinas em Estádios Fenológicos Próximos da Colheita de Milho. In: MOLIN, R.; VALENTINI, M. L. **Simpósio Sobre Micotoxinas em Grãos**. Fundação Cargill, Fundação ABC, p. 57-80, 1999.

MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. **Qualidade de grãos de milho**. Departamento de plantas de lavoura. UFRGS. Porto Alegre, p.40, 2006.

MUNKVOLD, G.P. Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. **Annu. Rev. Phytopathol**, v. 41, p. 99-116, 2003.

NASH, S.M.; SNYDER, W.C. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root rot *Fusarium* in field soils. **Phytopathology**, v. 52, p. 567-572, 1962.

NOHEL, F. Comunicação pessoal. Mestre Cervejeiro. Cooperativa Agrária Mista Entre Rios. Agromalte. Guarapuava, PR. 2006.

OLEYNIK, J.; BRAGAGNOLO, N.; BUBLITZ U.; SILVA DA, J.C.C.; **Análises de solo. Tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados**. EMATER - Paraná. 3. ed. Curitiba, p. 5, 1995.

OLIVEIRA, H.M. Máquinas selecionadoras e de limpeza para o controle de micotoxinas e de contaminação por fungos. V Congresso Latino-Americano de micotoxicologia e XII Encontro Nacional de Micotoxinas. **Resumos**, p. 72, 2006.

OSBORNE, L.; JIN, Y.; ROSOLEN, F.; HANNOUN, M.J. FHB inoculum distribution on wheat plants within the canopy. 2002 National Fusarium Head Blight Forum. **Proceedings**, p. 165, 2002.

PANISSON, E.; REIS, E.M.; BOLLER, W. Quantificação de propágulos de *Gibberella zeae* no ar e infecção de anteras em trigo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 484-488, 2002.

PANISSON, E.; REIS, E.M.; BOLLER, W. Quantificação de danos causados pela giberela em cereais de inverno, na safra 2000, em Passo Fundo, RS. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 189-192, 2003.

PARRY, D.W.; JENKINSON, P.; McLEOD, L. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals – a review. **Plant Pathology**, v. 44, p. 207-238, 1995.

PROM, L.K.; HORSLEY, R.D.; STEFFENSON, B. J. Development of Fusarium Head Blight and accumulation of deoxynivalenol in barley sampled at different growth stages. **J. Am. Soc. Brew. Chem**, v. 57, n. 2, p. 60-63, 1999.

REID, L.M.; MATHER, D.E.; HAMILTON, R.I. Distribution of deoxynivalenol in *Fusarium graminearum*-infected maize ears. **Phytopathology**, v. 86, p. 110-114, 1996.

REIS, E.M. Quantificação de propágulos de *Gibberella zeae* no ar através de armadilhas de esporos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 13, p. 324-327, 1988.

REIS, E.M. Effects of rain and relative humidity on the release of ascospores and on the infection of wheat heads by *Gibberella zeae*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 15, p. 339-343, 1990.

REIS, E.M. Potencialidade de controle de doenças de trigo e de cevada por rotação de culturas. REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., **Anais...** Campinas: Embrapa-CNPDA, p. 78-99, 1991.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; BRESOLIN A.C.R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2. ed. Lages, Graphel, p. 70-71, 2004.

REIS, E.M. e CASA, R.T. Ciclos Biológicos e Epidemiologia: Aspergillus, Penicillium, Diplodia e Fusarium. In MOLIN, R e VALENTINI, M. L. Simpósio Sobre Micotoxinas em Grãos. Fundação Cargill, Fundação ABC, p. 21-39, 1999.

REUNIÃO DA COMISSÃO CENTRO-SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 19., 2004, Londrina, PR. Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Triticale, 10. 2004, Londrina, PR. **Informações Técnicas das Comissões Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e de Triticale para a Safra de 2004**. Londrina, p. 218, 2004.

SANTOS, H.P. dos; REIS, E.M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 212, 2001.

SCHAAFSMA, A.W.; TAMBURIC-ILINIC, L; MILLER, J.D.; HOOKER D.C. Agronomic considerations for reducing deoxynivalenol in wheat grain. **Canadian Journal Plant Pathology**, v. 23, p. 279-285, 2001.

SCHWARZ, P.B. Scab and Vomitoxon: An Effect on Beer Quality? **Barley Bulletin**. North Dakota Barley Council, v. 15, n. 2, p. 8. Summer 1997.

SCUSSEL, V.M. **Micotoxinas em alimentos**. Florianópolis: Insular, 1998, 144p.

STEWART, S.; PEREYRA, S. Epidemiologia de Patogenos Necrotrofos. III Congreso Latinoamericano de Cebada, Colonia, Uruguay, **Resúmenes**, p. 31, 1999.

SUTTON, J.C. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 4, p. 195-209, 1982.

TRIGO-STOCKLI, D.M.; CURRAN, S.P.; PEDERSEN, J.R. Distribution and Occurrence of Mycotoxins in 1993 Kansas Wheat. **Cereal Chem**, v. 72, n. 5, p. 470-474, 1993.

VOLPI, R. Malteando cevadas canadenses para os cervejeiros mais exigentes do mundo – A experiência da Rahr Malting Canadá. **II Simpósio Latino Americano Cevada, Malte e Malteação**. Comunicação pessoal. 2004.

WANNEMACHER, R.W.; WIENER S.L. Trichothecene mycotoxins. Chapter 34. In: **Medical Aspects of chemical and biological warfare**, p. 655-676, 1997.

WILCOXSON, R.D.; BUSCH, R.H.; OZMON, E.A. Fusarium Head Blight Resistance in Spring Wheat Cultivars. **Plant Dis**, v. 76, p. 658-661, 1992.

WILLIAMS, K.C.; BLANEY, B.J.; MAGEE, M.H.; Responses of pig fed wheat naturally infected with *Fusarium graminearum* and containing the mycotoxins 4-deoxynivalenol and zearalenone. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 39, p. 1095-1105, 1988.

WISNIEWSKA, U.; PERKOWSKI, J.; KACZMAREK, Z. Scab response and deoxynivalenol accumulation in spring wheat kernels of different geographical origins following inoculation with *Fusarium culmorum*. **J. Phytopathology**, v. 152, p. 613-621, 2004.

WYATT, R.D. Measurement of mold growth and mycotoxins in feed: fallacies and innovations. **Proceedings** 1991 Georgia Nutrition Conference. University of Georgia. Athens, 1991.

YOUNG, L.G.; PING, H.; KING, G.J. Effects of feeding zearalenone to sows on rebreeding and pregnancy. **J. Anim. Sci.**, v. 68, p. 15-20, 1990.

ANEXOS

ANEXO 1 - Quadro da análise de variância da produção da micotoxina deoxinivalenol nos grãos de cevada no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, inverno 2000 a 2002. (Tabela 14)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	33,665			
Ano	2	527,817	263,909	39,937	0,00001
Sistema	4	26,237	6,559	0,993	0,57098
Ano * Sistema	8	46,740	5,843	0,884	0,54239
Resíduo	28	185,028	6,608		
Total	44	819,488			
Coeficiente de variação (%)		41,417			
Teste de Bartlett - χ^2		21,361			0,0927

ANEXO 2 - Quadro da análise de variância da produção da micotoxina zearalenona, dados transformados para raiz quadrada de (x+1), nos grãos de cevada no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, inverno 2000 a 2002. (Tabela 15)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	216,424			
Ano	2	4405,250	2202,625	91,403	0,00001
Sistema	4	44,247	11,062	0,459	0,76726
Ano * Sistema	8	112,216	14,027	0,582	0,78474
Resíduo	28	674,742	24,098		
Total	44	5452,879			
Coeficiente de variação (%)		36,756			
Teste de Bartlett - χ^2		19,208			0,1571

ANEXO 3 - Quadro da análise de variância de incidência de espigas gibereladas nos grãos de cevada, no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, inverno 2000 a 2002. (Tabela 16)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	232,133			
Ano	2	1752,400	876,200	59,760	0,00001
Sistema	4	41,111	10,278	0,701	0,60026
Ano * Sistema	8	815,822	101,978	6,955	0,00013
Resíduo	28	410,533	14,662		
Total	44	3252,000			
Coeficiente de variação (%)		29,455			
Teste de Bartlett - χ^2		17,954			0,2088

ANEXO 4 - Quadro da análise de variância do percentual de grãos colhidos giberelados de cevada no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, inverno 2000 a 2002. (Tabela 17)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	0,005			
Ano	2	7,644	3,822	33,709	0,00001
Sistema	4	0,261	0,065	0,576	0,68506
Ano * Sistema	8	1,703	0,213	1,877	0,10396
Resíduo	28	3,174	0,113		
Total	44	12,788			
Coeficiente de variação (%)		53,732			
Teste de Bartlett - χ^2		17,163			0,2475

ANEXO 5 - Quadro da análise de variância do rendimento de cevada no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, inverno 2000 a 2003. (Tabela 19)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	237382,033			
Ano	3	7769717,917	2589905,972	62,058	0,00001
Sistema	4	4499257,400	1124814,350	26,952	0,00001
Ano * Sistema	12	3292604,333	274383,694	6,5746	0,00003
Resíduo	38	1585879,300	41733,666		
Total	59	17384840,983			
Coeficiente de variação (%)		6,901			
Teste de Bartlett - χ^2		18,137			0,5133

ANEXO 6 - Quadro da análise de variância incidência grãos com *Fusarium* spp., dados transformados para raiz quadrada de (x+1), nos grãos de trigo no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, inverno 2000 a 2002. (Tabela 25)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	0,348			
Ano	2	109,784	54,892	90,710	0,00001
Sistema	1	0,069	0,069	0,115	0,73992
Ano * Sistema	2	0,408	0,204	0,338	0,72485
Resíduo	10	6,045	0,605		
Total	17	116,655			
Coeficiente de variação (%)		21,549			
Teste de Bartlett - χ^2		0,570			0,9893

ANEXO 7 - Quadro da análise de variância do percentual de grãos colhidos giberelados de trigo no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, inverno 2001 a 2003. (Tabela 27)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	0,423			
Ano	2	17,320	8,660	27,727	0,00022
Sistema	1	0,405	0,405	1,297	0,28127
Ano * Sistema	2	1,013	0,507	1,622	0,24487
Resíduo	10	3,123	0,312		
Total	17	22,285			
Coeficiente de variação (%)		38,543			
Teste de Bartlett - χ^2		7,014			0,2196

ANEXO 8 - Quadro da análise de variância da produção da micotoxina deoxinivalenol em grãos de aveia branca, dados transformados para logarítimo de (x+1) no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, inverno 2001 e 2002. (Tabela 31)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Ano	1	0,578	0,578	7,212	0,11528
Bloco	2	0,302			
Resíduo	2	0,160	0,080		
Total	5	1,040			
Coeficiente de variação (%)		54,752			
Teste de Bartlett - χ^2		2,986			0,0839

ANEXO 9 - Quadro da análise de variância da produção da micotoxina zearalenona em grãos de aveia branca, dados transformados para logarítimo de (x+1) no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, inverno 2001 e 2002. (Tabela 32)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Ano	1	8,482	8,482	2,218	0,27555
Bloco	2	6,722			
Resíduo	2	7,649	3,824		
Total	5	22,853			
Coeficiente de variação (%)		123,626			
Teste de Bartlett - χ^2		3,391			0,0655

ANEXO 10 - Quadro da análise no rendimento de grãos de aveia branca no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, inverno 2001 a 2003. (Tabela 35)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Ano	2	782928,222	391464,111	3,1148	0,15328
Bloco	2	644192,889			
Resíduo	4	502707,111	125676,778		
Total	8	1929828,222			
Coeficiente de variação (%)		10,562			
Teste de Bartlett - χ^2		1,844			0,3977

ANEXO 11 - Quadro da análise de variância da percentagem de grãos ardidos de milho dados transformados para arco-seno da raiz de (x/100), no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, verão 2000/2001 a verão 2003/2004. (Tabela 44)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	78,186			
Ano	3	1266,289	422,096	58,988	0,00001
Sistema	4	338,483	84,621	11,826	0,00002
Ano * Sistema	12	238,761	19,897	2,781	0,00824
Resíduo	38	271,916	7,156		
Total	59	2193,636			
Coeficiente de variação (%)		17,999			
Teste de Bartlett - χ^2		29,901			0,0530

ANEXO 12 - Quadro da análise de variância no rendimento de grãos de milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, verão 2000/2001 a verão 2003/2004. (Tabela 45)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	3381712,133			
Ano	3	43515110,667	14505036,889	49,975	0,00001
Sistema	4	67172434,900	16793108,725	57,859	0,00001
Ano * Sistema	12	29176721,500	2431393,458	8,377	0,00001
Resíduo	38	11029254,533	290243,540		
Total	59	154275233,733			
Coeficiente de variação (%)		5,713			
Teste de Bartlett - χ^2		25,226			0,1532

ANEXO 13 - Quadro da análise de variância da incidência de *Phialophora gregata* – sintoma forte (PPHForte), no sistema radicular principal de plantas de soja, dados transformados para logarítimo de (x+1), no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, verão 2001/2002 a verão 2003/2004. (Tabela 48)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	2,174			
Ano	2	4,482	2,241	4,386	0,02434
Sistema	3	13,126	4,375	8,562	0,00083
Ano * Sistema	6	4,778	0,796	1,558	0,20593
Resíduo	22	11,242	0,511		
Total	35	35,801			
Coeficiente de variação (%)		30,845			
Teste de Bartlett - χ^2		16,803			0,1138

ANEXO 14 - Quadro da análise de variância na patologia (percentual de grãos com *Penicillium* sp.) realizada em 100 grãos colhidos de soja, dados transformados para raiz quadrada de (x+1) no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, verão 2001/2002 a verão 2003/2004. (Tabela 52)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	2,147			
Ano	2	49,908	24,954	24,339	0,00002
Sistema	3	2,805	0,935	0,912	0,54653
Ano * Sistema	6	7,738	1,290	1,258	0,31610
Resíduo	22	22,556	1,025		
Total	35	85,153			
Coeficiente de variação (%)		27,851			
Teste de Bartlett - χ^2		10,755			

ANEXO 15 - Quadro da análise de variância do rendimento de soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 1º conjunto de sistemas com diferentes percentagens da participação da cultura do milho, verão 2001/2002 a verão 2003/2004. (Tabela 55)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	1296837,500			
Ano	3	4148449,667	1382816,556	92,276	0,00001
Sistema	3	528138,167	176046,056	11,748	0,00010
Ano * Sistema	9	454435,833	50492,870	3,370	0,00598
Resíduo	30	449569,833	14985,661		
Total	47	6877431,000			
Coeficiente de variação (%)	4,1				
Teste de Bartlett - χ^2		6,875			0,9610

ANEXO 16 - Quadro da análise de variância da produção da micotoxina deoxinivalenol nos grãos de cevada no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, inverno 2000 e 2002. (Tabela 68)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	3,902			
Ano	1	580,167	580,167	327,283	0,00001
Sistema	3	19,277	6,426	3,625	0,03948
Ano * Sistema	3	24,797	8,266	4,663	0,01829
Resíduo	14	24,817	1,773		
Total	23	652,960			
Coeficiente de variação (%)		20,642			
Teste de Bartlett - χ^2		8,784			0,2685

ANEXO 17 - Quadro da análise de variância da produção da micotoxina zearalenona, dados transformados para raiz quadrada de (x+1), nos grãos de cevada no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, inverno 2000 e 2002. (Tabela 69)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	209,859			
Ano	1	3034,999	3034,999	85,361	0,00001
Sistema	3	80,463	26,821	0,754	0,54030
Ano * Sistema	3	222,996	74,332	2,091	0,14683
Resíduo	14	497,768	35,555		
Total	23	4046,085			
Coeficiente de variação (%)		32,319			
Teste de Bartlett - χ^2		9,256			0,2347

ANEXO 18 - Quadro da análise de variância de incidência de espigas gibereladas nos grãos de cevada, dados transformados para raiz quadrada de (x+1), no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, inverno 2000 e 2002. (Tabela 70)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	3,169			
Ano	1	47,568	47,568	52,262	0,00003
Sistema	3	3,094	1,031	1,133	0,37013
Ano * Sistema	3	7,414	3,471	2,715	0,08387
Resíduo	14	12,743	0,910		
Total	23	73,987			
Coeficiente de variação (%)		28,874			
Teste de Bartlett - χ^2		5,971			0,5431

ANEXO 19 - Quadro da análise de variância do percentual de grãos colhidos giberelados de cevada no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas - 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, inverno 2000 e 2002. (Tabela 71)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	0,126			
Ano	1	8,402	8,402	29,647	0,00021
Sistema	3	2,777	0,926	3,267	0,05267
Ano * Sistema	3	3,602	1,201	4,236	0,02480
Resíduo	14	3,968	0,283		
Total	23	18,873			
Coeficiente de variação (%)		63,882			
Teste de Bartlett - χ^2		12,516			0,0848

ANEXO 20 - Quadro da análise de variância incidência grãos com *Fusarium* spp., dados transformados para raiz quadrada de (x+1), nos grãos de cevada no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, inverno 2000 e 2002. (Tabela 72)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	0,386			
Ano	1	342,056	342,056	1408,334	0,00001
Sistema	3	1,320	0,440	1,812	0,19060
Ano * Sistema	3	1,517	0,506	2,082	0,14804
Resíduo	14	3,400	0,243		
Total	23	348,680			
Coeficiente de variação (%)		9,678			
Teste de Bartlett - χ^2		4,937			0,6676

ANEXO 21 - Quadro da análise de variância do rendimento de cevada no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, inverno 2000 e 2002. (Tabela 73)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	47513,250			
Ano	1	2228332,042	2228332,042	56,781	0,00003
Sistema	3	535671,792	178557,264	4,550	0,01979
Ano * Sistema	3	108046,458	36015,486	0,918	0,54038
Resíduo	14	549420,083	39244,292		
Total	23	3468983,625			
Coeficiente de variação (%)		6,198			
Teste de Bartlett - χ^2		4,026			0,7767

ANEXO 22 - Quadro da análise de variância da produção da micotoxina zearalenona, dados transformados para raiz quadrada de $(x+1)$, nos grãos de milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, verão 2001/2002 e verão 2003/2004. (Tabela 77)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	155,924			
Ano	1	5,620	5,620	0,3921	0,54740
Sistema	3	7,769	2,590	0,1807	0,90738
Ano * Sistema	3	75,649	25,216	1,7591	0,20040
Resíduo	14	200,688	14,335		
Total	23	445,651			
Coeficiente de variação (%)		55,331			
Teste de Bartlett - χ^2		12,077			0,0980

ANEXO 23 - Quadro da análise de variância da percentagem de grãos ardidos de milho, no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, verão 2001/2002 e verão 2003/2004. (Tabela 82)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	1,003			
Ano	1	13,202	13,202	15,8014	0,00167
Sistema	3	2,570	0,857	1,0254	0,41254
Ano * Sistema	3	1,322	0,441	0,5273	0,67401
Resíduo	14	11,697	0,835		
Total	23	29,793			
Coeficiente de variação (%)		37,823			
Teste de Bartlett - χ^2		7,711			0,35870

ANEXO 24 - Quadro da análise de variância do rendimento de milho no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, verão 2001/2002 e verão 2003/2004. (Tabela 83)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	1984193,083			
Ano	1	46348162,667	46348162,667	250,273	0,00001
Sistema	3	4498339,167	1499446,389	8,097	0,00258
Ano * Sistema	3	389323,333	129774,444	0,701	0,56969
Resíduo	14	2592663,583	185190,256		
Total	23	55812681,833			
Coeficiente de variação (%)		4,080			
Teste de Bartlett - χ^2		10,403			0,1668'

ANEXO 25 - Quadro da análise de variância da incidência de *Phialophora gregata* – sintoma forte (PPHForte), no sistema radicular principal de plantas de soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2002/2003. (Tabela 86)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	43,482			
Sistema	3	100,849	33,616	0,14	0,9317
Resíduo	6	1428,738	238,123		
Total	11	1573,069			
Coeficiente de variação (%)		128,683			
Teste de Bartlett - χ^2		4,022			0,2590

ANEXO 26 - Quadro da análise de variância da incidência de *Phialophora gregata* – sintoma fraco (PPHFraco), no sistema radicular principal de plantas de soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, Guarapuava verão 2002/2003. (Tabela 87)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	13,032			
Sistema	3	134,383	44,794	1,97	0,2195
Resíduo	6	136,215	22,703		
Total	11	283,629			
Coeficiente de variação (%)		39,678			
Teste de Bartlett - χ^2		0,641			0,8869

ANEXO 27 - Quadro da análise de variância do rendimento de soja no Ensaio Sistemas de Rotação e Sucessão de Culturas Visando ao Controle de Micotoxinas – 2º conjunto de sistemas visando a degradação da palha do milho, verão 2000/2001 e verão 2002/2003. (Tabela 92)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	398172,250			
Ano	1	1921570,042	1921570,042	71,395	0,00001
Sistema	3	130661,458	43553,819	1,618	0,22939
Ano * Sistema	3	116611,458	38870,486	1,442	0,27173
Resíduo	14	376804,417	26914,601		
Total	23	2943819,625			
Coeficiente de variação (%)		5,078			
Teste de Bartlett - χ^2		8,344			0,303

ANEXO 28 - Quadro da análise de variância do peso da matéria seca em kg ha⁻¹, Guarapuava setembro 2002 a agosto 2004. (Tabela 94)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	4543957,167			
Coleta	3	38791614,333	12930538,111	7,659	0,00139
Sistema	2	363338560,167	181669280,083	107,611	0,00001
Coleta * Sistema	6	21164650,500	3527441,750	2,090	0,09563
Resíduo	22	37140616,833	1688209,856		
Total	35	464979399,000			
Coeficiente de variação (%)		24,215			
Teste de Bartlett - χ^2		16,443			0,1254

ANEXO 29 - Quadro da análise de variância no teor de N em gramas por quilo de palha, dados transformados para raiz quadrada de (x+1), Guarapuava setembro 2002 a agosto 2004. (Tabela 96)

Causas da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Prob. > F
Bloco	2	0,088			
Coleta	3	5,081	1,694	44,069	0,00001
Sistema	2	0,131	0,065	1,701	0,20446
Coleta * Sistema	6	0,168	0,028	0,731	0,63164
Resíduo	22	0,845	0,038		
Total	35	6,313			
Coeficiente de variação (%)		4,941			
Teste de Bartlett - χ^2		18,576			0,0691